Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab.
Bulletin

EXCHANGE

130

BULLETIN
OF
THE JAPAN SEA REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY, FISHERIES AGENCY
NO. 5

水 産 庁
日本海区水産研究所研究報告

第 5 号

昭和 32 年 3 月

日 本 海 区 水 産 研 究 所
新 潟 市 万 代 島
JAPAN SEA REGIONAL FISHERIES
RESEARCH LABORATORY
NIIGATA, JAPAN
March 1957

180

受領書

昭和　年　月　日

日本海区水産研究所長　殿

住所
氏名　　㊞

日本海区水産研究所研究報告　第5号

上記図書受取りました。

180

受　領　書

昭和　年　月　日

日本港区水産研究所長　殿

住　所
氏　名　　㊞

日本港区水産研究所研究報告　第　号

上記図書受取りました。

Ⅰ 魚の鮮度に関する研究
特に魚肉の死後硬直現象とその判定法について

Ⅱ 罐詰に関する研究
特にイワシトマト漬罐詰の真空度と検査等級について

野口栄三郎

Ⅰ A Study on the Freshness of Fish Meat
with Special Reference to the Determination of Rigor Mortis

Ⅱ A Study on the Vacuum and the
Grade of Tomato-Sardine for the Export Inspection

EIZABURO NOGUCHI

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/bulletin-japan-sea-national-fisheries-research-institute_1957-03_5

目　　次

I　魚の鮮度に関する研究

第 1 章　緒　　論

第 1 節　研究の目的…… 1

第 2 節　既往の研究…… 3

第 2 章　灌流による筋収縮（洗い）の現象に関する研究

第 1 節　筋肉の収縮…… 7

i　筋肉収縮量の測定装置…… 7

ii　筋肉収縮量の測定方法…… 8

iii　筋肉の収縮と筋繊維の方向…… 8

第 2 節　魚体の各部位における筋収縮率，pH値，Glycogen 量及び Polyphosphate-P量 …… 10

i　収　縮　率…… 11

ii　p　H　値…… 16

iii　Glycogen量 …… 17

Vi　Polyphosphate－P量…… 17

V　考　　察…… 21

(1)　筋肉の運動性と収縮率との関係…… 21

(2)　筋肉の運動性と pH 値との関係…… 23

(3)　筋肉の運動性と Glycogen 量との関係 …… 26

(4)　筋肉の運動性と Polyphosphate-P量との関係…… 28

第 3 章　灌流による筋収縮の機構に関する研究

第 1 節　物理的分野…… 30

i　浸　透　圧…… 30

ii　含　水　量（脱水作用）…… 31

iii　水　　温…… 32

第 2 節　化学的分野…… 32

i　塩　　類…… 32

ii　肉蛋白の水和…… 35

iii　Polyphosphate-P，Glycngen および-SH 基…… 37

第3節　考　　察…… 40

第 4 章　死後硬直期における鮮度判定法としての研究

第 1 節　魚肉の死後硬直現象における 2～3 の観察…… 41

i　死後硬直時の肉眼観察…… 41

ii　死後硬直時の化学変化特に筋肉のpH値，Glycogen量，Polyphosphate-P量および SH 基量について…… 42

iii　考　　察…… 46

第 2 節　死後硬直期における鮮度判定法としての試み…… 46

i　魚種及び致死条件を異にした場合の試み…… 46

ii　放置温度を異にした場合の試み…… 48

iii 考　　察…… 50
第 5 章　致死条件および死後の取扱いが死後硬直におよぼす影響
第 1 節　致死条件の死後硬直におよぼす影響…… 51
第 2 節　死後の取扱いの影響に関する研究…… 53
i　貯蔵温度の影響…… 53
ii　水漬けの影響…… 54
第 6 章　摘要および結論 …… 58
参　考　文　献…… 59
Summary …… 61

Ⅱ　罐詰に関する研究

第 1 章　研 究 の 目 的
第 2 章　気温と罐内真空度との関係
第 1 節　研 究 方 法…… 65
第 2 節　結 果 な ら び に 考 察 …… 65
第 3 章　真空度測定の一方法
第 1 節　研 究 方 法…… 69
第 2 節　結 果 な ら び に 考 察 …… 70
第 4 章　巻締前の罐内温度および罐内容量と真空度の関係
第 1 節　研 究 方 法…… 73
第 2 節　結 果 な ら び に 考 察 …… 76
第 5 章　激動による罐の損傷と真空度におよぼす影響
第 1 節　研 究 方 法…… 85
第 2 節　結 果 な ら び に 考 察 …… 86
i　木 函 の 破 損 状 態…… 86
ii　罐 の 損 傷 状 態…… 87
iii　罐の凹みと真空度およびスプリンガー…… 88
iv　内 容 物 の 状 態…… 88
第 6 章　イワシトマト漬罐詰の検査等級と品質との関係
第 1 節　研 究 方 法…… 90
i　材　　料…… 90
ii　製 品 の 調 査…… 90
第 2 節　結 果 な ら び に 考 察 …… 90
i　真空度，液量および固形量…… 90
ii　魚 体 の 状 態…… 91
iii　液汁の状態と遊離脂肪量…… 94
iv　固形肉の成分と検査等級…… 95
v　揮発性塩基窒素量と等級との関係…… 96
vi　綜　　括…… 97
第 7 章　魚体の肉色と鮮度および脂肪量との関係
第 1 節　研 究 方 法……100

第 2 節 結果及び考察 ……100
第 8 章 原料イワシに関する研究
第 1 節 研究方法……102
第 2 節 結果並びに考察……102
i 体 長……102
ii 体 重……103
iii 歩留りの変化 ……105
iv 生殖腺重量から見た産卵期……105
v 脂肪含有量について……105
第 9 章 結 論 ……107
参 考 文 献 ……108
Summary ……109

魚の鮮度に関する研究

特に魚肉の死後硬直現象とその判定法について

第 1 章 緒　　論

第 1 節 研 究 の 目 的

我国においては魚貝肉は重要な蛋白資源であつて，蛋白食糧の大部分はこれに依存しているが，魚貝肉は鳥獣肉に比して腐敗し易く，その貯藏が極めて困難である。そのため腐敗，廃棄せられる量もまた少くない。鮮度保持期間が僅かに延長しても，魚貝肉の利用価値は非常に増大し，我国の食糧経済においては利益は頗る大きいのである。

水産製造の主なる分野である冷藏法，塩藏法，罐詰法，乾燥法，燻製法等はいずれも漁獲物にある程度の処理加工を施して，可及的に要変を附ぎ，安全に保持することを主目的としている。現在行われている魚貝肉を対象とする物理学的，化学的あるいは細菌学的研究は，すべて上記の方法をより有効適切に実施するための基礎的研究であるといつても過言ではない。いま，魚貝肉が鳥獣肉に比較して腐敗し易い理由について，報告された多くの説を綜合して，主なる点を列挙すれば次の如くなる。

1) 魚貝類の肉は自己消化の進みが早く，かつ死後硬直時における筋肉の水素イオン濃度が比較的低いので細菌が繁殖し易い。

2) 鳥獣肉の筋肉組織は一般に外層が脂肪層で厚く覆われており，これによつて細菌の侵入がある程度防止されるが，魚貝肉では脂肪は主として筋肉組織内に分布し，脂肪層は薄く，細菌の侵入に対する防護壁としてはより不完全である。

3) 鳥獣肉の腐敗は主として解体後，空気中や土壌中に存在する細菌の附着によつて起るが，魚貝肉の腐敗は生前から既に体の表面や鰓等に多数に附着しておる，比較的低温で発育し易い水中細菌によつて起る。

4) 一般に魚貝肉は鳥獣肉より水分含有量が多い。

5) 魚貝類は漁業の特異性である一時的多獲性のために，処理が不完全になり易い。

6) 魚貝類は一般に価格が安いのでその取扱いや処理方法が乱雑になり易く，充分な経費と注意とを払い難い。

主として上記のような理由から，魚貝類の鮮度保持は極めて困難な問題とされておつた。

最近，鮮度保持に関して多数の研究が発表されるようになつたが，それらの多くのものは，いわゆる魚肉の〝生きのよさ〟ということよりも，むしろ腐敗開始の時期の遅延を計ることを目的とした研究である。しかし，魚肉の変質は死直後から開始する筋肉，血液，内臓等の酵素化学的変化と，それに引続いて，あるいは同時に発生する細菌等の微生物による分解とに区別されるが，これらの詳細は未だ明らかにされていない。特に死直後から死後硬直を経て，腐敗開始に至るまでの期間中における筋肉の酵素化学的変化と〝生きのよさ〟との間には，密接な関係が存在するものと予想されるから，これらの詳細を解明することが極めて重要である。

一般に，魚貝類は生鮮のまま直接消費される場合は勿論のこと，加工用原料として利用される場合でも，いわゆる〝生きのよさ〟が強く要求されるのである。従つて鮮度保持の研究においては，腐敗開始の時期を遅延させるということよりも，むしろ〝生きのよさ〟を保持する期間の延長をはかることに主眼が置かれなければならない。これまで，漁獲方法（致死条件）や漁獲直後（致死直後）の取扱い方が，〝生きのよさ〟に影響をおよぼすことはある程度知られていたが，筋肉の酵素化学的な変化を判定する適当な方法が発見されなかつたために，このような研究を進める場合に多くの困難が伴い，詳細な研究はまつたく行われなかつた。

著者は死後早期における魚肉の酵素化学的変化の測定に，極めて新鮮な魚肉においてのみ観察される〝洗

い〃の現象，すなわち潅流による筋繊維の収縮現象を応用し得ることに着目し，その機構を解明すると共に簡易な魚肉収縮量の測定装置を考案した。

この方法により，いわゆる〝生きのよさ〃の判定が可能になつたので，さらにこの方法を用いて，致死条件およびその後の取扱い方法等の各種の環境要因と，魚肉の〝生きのよさ〃との間の関係について，広汎な研究を行つた。

この研究を遂行するに当つて，絶えざる御激励を賜つた前東京水産大学教授田内森三郎博士，御懇切な御教示と御校閲を賜わつた京都大学教授清水亘博士，同教授木俣正夫博士および東海区水産研究所大野慶之博士に心から感謝し，さらにまたこの研究の機会を与えられ，種々御指導を賜わつた日本海区水産研究所長内橋潔博士に厚く感謝する　あわせてこの研究は著者の同僚である日本海区水産研究所員山本常治氏，伸信夫氏，宮沢玲子氏等の御協力によつたものであり，また原料魚の入手，実験場所等に御便宜を取計らつて頂いた山形県巌ヶ関水産試験場長五十嵐伊左衛門氏その他の諸先輩，同僚諸兄の御指導と御援助によつたものであることを記して厚く御礼申上げる。

第2節 既往の研究

著者の研究に関連する既往の研究は，鮮度判定に関するもの，死後硬直の機構に関するものならびに死後硬直におよぼす諸因子に関するものに三大別できる。

I 鮮度判定に関する研究

肉類の鮮度を科学的に判定する方法に関しては，既に古くから多くの研究が発表されているが，これらを大別すれば(1)物理学的方法，(2)化学的方法，(3)細菌学的方法および(4)組織学的方法になる。

(1) 物理学的方法

死後時間の経過と共に筋肉が硬直するいわゆる死後硬直現象，すなわち筋肉の弾性の変化から魚の鮮度判定を行う方法が，田内[1]（'31），山村[2]（'32）等によつて報告されている。しかし，この方法は魚型の相異，測定位置あるいは測定方法の差異等について検討の余地があり，特に調理した魚体では後に述べるように死後弾性に変化を生じ難くその判定が困難である。また弾性係数（Modulus of elasticity）の変化については，Bate-Smith[3]（'39）がウサギの腰部筋肉を材料として，その伸長曲線から死後硬直の判定に利用し得られることを報告しているが，魚肉についてはこのような研究は見当らない。

また筋肉の死後の変化がもし Myosin 系蛋白の構造的変化を伴うものであるとすれば，このような蛋白溶液の粘度も変化する筈である。このような蛋白の粘度変化については既に Vassiliow[4]（'30），大竹[5]（'54）等の報告が見られるが，Vassiliow は加熱肉を，大竹は酸性抽出液を用いているので，当然魚肉蛋白の変性が考えられ，鮮度低下以外の原因による蛋白の構造的変化が予測される。Smorodintzew および Krylova[6]（'36）によつて報告された肉浸出液の表面張力の変化に基く方法は，含有脂肪の界面における影響等を考慮に入れなければならないので，研究の余地が残されている。

また筋肉の電気抵抗は死後時間の経過に伴い変化するという事実が，Hermann[7]（1872），Galeotti[8]（'02），Grile[9]（'22），田村[10]（'32），須藤[11]（'33），山村[12]（'41），山田[13]（'45）等多くの研究者によつて明らかにされ，さらにこの事実に基く鮮度判定法が研究された。しかし，これらの研究結果によれば，電気抵抗の変化は必ずしも鮮度低下と一致しない場合があり，また環境条件によつてはその変化はかなり不安定であつて，死後硬直期間中の魚の鮮度判定法としてはこの方法も適当ではない。

(2) 化学的方法

この方法は鮮度判定法のうちでは最も提案が多く，かつその歴史も古い。

特にアンモニヤと鮮度との関係については，Eber[14]（1891）の研究以来，Tillmans および Otto[15]（'24），清水[16]（'25），木村[17]（'34），谷川[18]（'35）等数多くの研究が行われ，いずれも30～40mg%内外の定量的数値を初期腐敗の限界と定めている。その後の数多くの化学的鮮度判定法の基準として，この数値が取揚げられておるが，サメのような魚種には勿論適用できない。また死後硬直時においては筋肉内のアンモニア量の変化は僅少であり，しかも既に山田[19]（'48），大野[20]（'53）等が報告しておるように，解糖作用に基く影響を受けて不安定であるから，死後硬直時の鮮度判定にはアンモニア量による方法は利用し得られない。

筋肉のアミノ酸量は鮮度の低下と共に増加するから，その増加の程度を測定して，鮮度を判定する方法が試みられている。しかし一般に筋肉のアミノ酸量は魚種によつては勿論，同一魚種でも時期，性別等によつて，生鮮時の含有量に不同[87]があるので，死後硬直期間中の鮮度判定には不適当である。

魚肉中の全窒素量と可溶性蛋白態窒素量との比を以てする試みも，最近大竹[21]（'54）等によつて報告されておるが，操作に長時間を要するのみならず，溶出蛋白に対する吟味が不充分であつて，今直ちに之を応用することは困難である。

筋肉のトリメチールアミン量を測定する方法は，Beatty および Gibbons[22]（'37）によつて提案され

て以来，多数の学者によつて詳細に研究され，魚肉の鮮度判定法としてかなり優秀なことが確認された。最近河端[33]（'53）はカツオ，マグロのような魚種の血合肉中には，生鮮時にトリメチールアミンオキサイドを還元する能力を有する酵素が存在することを報告している。しかし一般に，この方法はトリメチールアミンが，主として細菌の生産する酵素によつてのみ，筋肉中に存在するそのオキサイドから作られる点に基礎をおいている。従つて，死後硬直時の鮮度判定にこの方法を応用することはできない。小幡および座間[24]（'50）等の提案に係わるリジンの分解生成物なるピペリヂンを，パラオキシキノンを用いてデピペリヂルキノンとし，その呈色反応を利用する方法もまた同様の意味で応用出来ない。さらに揮発性酸，揮発性還元物質の測定方法等も多数報告はされているが，これまたいずれも腐敗生成物を主体とするものであつて適用出来難い。

蛋白変性に伴う遊離SH基の出現は Hopkins [25]（'30），Mirsky および Anson [26]（'35）等によつて発表されて以来，近代蛋白化学の中心課題となつた。森および秦[27]（'49）は遊離SH基の還元力に着目して，これを鮮度判定に応用し，各種の魚肉は放置時間の経過と共にその還元力が増大することを認めているが，天野[28]（'54）は死直後の筋肉にはSH基量は極めて多いが，死後急激に減少すると報告している。

乳酸量に関しては Fürth [29]（'19）の研究以来数多く行われているが，Leim [30]（'27），山田[19]（'48），天野[20]（'53）等が指摘しておるように，筋肉内の乳酸量は死直前におかれた動物の状態によつて異るばかりでなく，死後における変化も一定の傾向を示さない。また乳酸の母体である Glycogen 量も同様である。

死後における筋肉中の燐酸の変化に関しては，Tarr [31]（'50）がタラについてネズミの場合と比較し，山田[19]（'48）等も酸可溶性燐酸と解糖作用との関係について数種の魚類につき研究の結果を発表している。Erdös [32]（'43）および Bate-Smith [33]（'47）は死後硬直とATP（Adenosin-triphosphate）等を含む Adenyl-polyphosphate 量との間には極めて顕著な関係が認められると報告し，さらに最近藤巻[34]（'53）等はソウダカツオ筋肉内の酸可溶性燐酸化合物の変化を研究して，致死条件が相異すれば，筋肉内のATP，CP（Creatine-phosphate）等の含有量が異るばかりでなく，その後の変化も異ることを確かめ，かつATPの消失と同時に死後硬直が完了することを報告した。普通筋肉の生死は，その筋肉を機械的にあるいは電気的に刺戟し，その刺戟の感受性を筋収縮によつてあらわし，それによつて判定されているが，もし筋肉の収縮が Szent Györgyi [35]（'51）等の説の如く，ATP 等の存在によるものとすれば，筋収縮の指標となるATP，ADP（Adenosine-diphosphate），CP 等の測定は，鮮度判定に極めて重要であると考えられる。しかし，その定量法は非常に煩雑であり，かつこれら物質の量と鮮度との関係はまだ明かではなく，今後の研究にまたなければならない。

筋肉の水浸出液に昇汞其の他の重金属塩類を添加し，沈殿生成の有無によつて鮮度を判定しようとする方法が，Walkiewiez [36]（'36）によつて創案され，天野[37]（'50）によつて詳細な研究が行われ，魚肉鮮度の簡易測定法特に腐敗初期の検出に推奨された。しかしこの反応もまた腐敗初期に初めて出現するので死後硬直期間中の鮮度判定には利用出来難い。

筋肉の水素イオン濃度の変化から鮮度を判定しようとする試みは古くから研究され，特に硝子電極の発見以来，その方法が簡便かつ比較的正確な値が得られるので，最近極めて多くの研究が報告された。しかし筋肉の水素イオン濃度は河端[38]（'52），山本[39]（'53）等によれば，魚体の部位および魚種によつて異なるばかりでなく，解糖作用等の影響によつて死後に多くの変動が認められるので，この方法を死後硬直期間中の鮮度判定に応用することは困難である。

(3)　細菌学的方法

この方法は主として存在する細菌数を測定する方法である。従つてこの方法を死後硬直期間中の鮮度判定すなわち魚肉の〝生きのよさ〟の判定に利用することが出来ないことは当然であろう。

(4)　組織学的方法

木村[40]（'33），今井[41]（'35），市川[42]（'49）河端[43]（'53）等によつて極めて興味深い研究が報告されているが，実施には長時間の固定，染色等の操作が必要であり，かつ魚種その他の条件によつて必ずしも常に同一結果が得られるとは限らないので，この方法を直ちに鮮度判定に応用することは困難である。

Ⅱ　死後硬直の機構に関する研究

死後硬直の現象については，古くSwammerdam（1667）の報告以来多数の学者によつて研究されてきたが，ここでは主として硬直の機構に関して行われた研究の主なるものを記すに止めた。

Fletcher[44]（'02）の研究以来，死後硬直の起きる主要因は乳酸の蓄積にあると考えられ，Fürth[29]（'19）は，死後硬直は乳酸による筋蛋白の膨潤現象であり，解硬は筋蛋白の凝固過程であると考えた。

一般に，死後における乳酸の形成は筋肉の死後硬直の発達に伴うのであるが，Leim[30]（'27）は釣魚，蓄養魚およびトロール漁獲魚の筋肉中の乳酸量を測定して，乳酸量と死後硬直の起きる時間との間には関係がないことを報告し，Hoet[45]（'26）は酸の生成なしに死後硬直が起きることを確かめ，死後硬直の主要因は筋肉からのHexose phosphateの消失であろうと考えた。その後Lundsgaard[46]（'30）によつて，一沃度酢酸中毒筋には，乳酸生成を伴わない筋収縮が存在する事実が発見されてから，死後硬直の主要因は乳酸の蓄積であるとは次第に考えられなくなつて来た。しかし，乳酸生成が死後硬直の主要因ではないとしても，死後の筋肉PH値の変化等に影響を与え，硬直の促進等に影響するので，死後硬直現象に多大の影響を与えることを否定することは出来ないであろう。

その後Erdös[32]（'43）はATPが減少すると死後硬直現象が生じ，Mypsinは不溶性となると報告し，Bate-Smith[33]（'47）は葡萄糖およびインシユリン注射を行つたウサギの筋肉の死後硬直現象を観察して，Erdösの実験結果を確認し，さらにATPの消失と解糖作用との間には密接な関係のあることを認め，生ずる乳酸によつて変化した筋肉の水素イオン濃度が，これらの酵素の作用力に影響することを明かにした。すなわちPH値が低く，かつGlycogen量が少い時にはATPの再合成が行われ難く，死後硬直が速かに進行すると述べた。さらに同氏[47]（'48）は死後硬直と生筋の収縮とは，その過程において異るものであろうと考えておるが，名取[45]（'51）はその著書で「普通生筋の筋収縮の場合には分解と合成との連鎖化学的反応が行われておるのに対し，死後においては血流の停止等の外的環境の条件が異るために，内部の活動物質の分解過程が起こり，無気的変化が生じて再合成過程が停止し，ATP，CP及びGlycogen等が減少して筋蛋白が収縮する。しかも生筋と異つてその過程が一方向きであり，生筋の収縮の如く，一方では分解し他方では合成する連鎖化学反応が起らないために，弛緩せずに硬直状態となる。さらに乳酸蓄積等の結果蛋白は膨潤して，その過程で蛋白の鎖状結合が切れて一部は球状蛋白となり，一部は変性しながら解硬が起るらしい」と述べている。

生筋の収縮機構に関しては，Verzar[49]（'43）によれば，休息筋であるMyosin繊維の伸びた形のものは，Myosinのcarboxyl group（−）に加里イオンが，Amino group（+）には燐酸イオンがそれぞれ結合しているが，刺戟によつてMyosinからこれらのイオンが解離し，Myosin繊維の（+）（−）基は遊離してお互いに結合し，繊維状のMyosin分子は折りたたまれた形となり，初めて収縮する可能性があると。またSzent Györgyi[35]（'51）によれば，休息筋ではMyosinはATPと結合しActinとは結合していないが，刺戟によつてActinとMyosin間の平衡が乱れれば，

Actin＋Myosin－ATP⇄Actomyosin－ATP

となり収縮し，次にActomyosin－ATP aseの作用によつてATPが分解すれば，筋肉は弛緩して，

Actomyosin－ATP⇄Actomyosin－ADP＋phosphate⇄Actin＋Myosin－ATP

となり旧に回復すると。殿村[50]（'53）は，休息筋では筋繊維はActomyosinの形であり，ATPは他の結合体と結合しており，ATP－aseの活性体を中心とした結合をしていないが，刺戟を受ければATPは遊

離し，ATP－ase活性体の中心と結合して分解し，初めて Actomyosin 粒子が変形し収縮する可能性があると述べている。その他これまで筋肉収縮の機構については，極めて多数の説が述べられているが，まだ一般に確認されておらず，いずれも想像の域を脱していない。結局現段階においては，生筋収縮の機構は，ATP 等の分解を伴う Actomyosin の結合解離とその構造的変化に帰着するという程度のことが考えられるに過ぎない。

また，蒸溜水中に新鮮な筋肉を浸漬した時，自発的な筋収縮が起ることは，古く Wittich が記載しているが，Herman [58]（1879）はその原因を筋肉中から NaCl が逸出する為であるとし，Loeb[59]（'10）は筋肉の収縮とその抑制を $\frac{Na}{Ca}$ 濃度の比で説明し，この値が大となると収縮が起こり，小さい時には抑制されるとし，浅野[60]（'16）および柏原[61]（'20）は Na イオンの流出がその原因ではなく，KまたはCaが拮抗的に収縮を抑制することおよびこの収縮は浸透圧に関係しないことを示した。

Heilbrum [62]（'40）は蛙の筋肉を等張の $CaCl_2$, $SrCl_2$, $BaCl_2$ 液に浸漬すると収縮するが，NaCl, KCl 液では収縮せず，また $MgCl_2$ 液では等張の5倍溶液で初めて収縮することを観察した。

このように新鮮な筋肉を，清水または稀薄塩類溶液中に浸漬または灌流した場合に急速かつ急激な筋短縮が起ることは，古くから認められていた事実であつて，本邦では特に魚肉について〝洗い〟の現象としてよく知られているが，その機構も全く判明しておらない。

Ⅲ　死後硬直におよぼす諸因子に関する研究

魚類の致死条件および生前ならびに死後の取扱い方が死後硬直現象におよぼす影響についての研究はかなり多い。Ewart [51]（1887）は釣りおよびトロールによつて漁獲されたハドツクの死後硬直現象を観察し，釣りのものはトロール漁獲物に比較して死後硬直期間が長く，かつ内臓を除去すれば硬直期間が延長すると報告し，Anderson [52]（'07）も同様の現象を認め，低温度程この現象があきらかであると述べた。Schlie [53]（'34）は数種の魚種について研究し，低温度ほど硬直時間が延長することを確かめ，かつ魚体に触れる回数が増加するほど硬直時間は短縮し，魚肉の PH 値が早く上昇すると報告した。また Cutting [54]（'39）が数種のトロール漁獲物の死後硬直現象を観察した結果によれば，同一魚種における個体差よりは異種間の差が大きく，また魚体の大小，あるいは内臓除去等は死後硬直に大きな影響を与えない。しかし，氷で急冷すれば硬直開始時間は長くならないが，硬直解消までの時間は延長する。

本邦では，古くから死後硬直期間の延長をはかる目的で，タイのような高級魚に対して，漁獲直ちに延髄部を刺して殺す，いわゆる〝シメ〟という操作が瀬戸内海沿岸および其の他の地方の漁業者間で行われておつた。しかしこのような魚類の致死条件に関する科学的な研究は最近まで殆んど行われておらなかつた。山村[55]（'37）によれば，電撃によつて死亡させたコイは神経中枢を切断して死亡させたものより死後硬直の程度が大きく，また軟化する程度も小さい。浅川[56]（'53）は電撃によつて死亡させたものおよび撲殺したもの両者の間では，硬直期間に著るしい差異は認められないが，解糖現象にかなりの差があることをキハダマグロで観察した。

安藤[57]（'39）等は疲労魚と然らざるものとでは，疲労魚が早く硬直に達することをコイで観察した。また大野[20]（'53）等は死後硬直と解糖作用との関係を，延髄刺，断頭および苦悶の各致死条件の異るソウダカツオについて研究し，苦悶死のものは解糖作用も死後硬直も共に最も早く起り，延髄刺殺のものが最もおくれることを見，また藤巻[34]（'53）等は苦悶死と断頭死のソウダカツオの解糖作用，特に可溶性燐酸化合物の行動と死後硬直との関係を研究して，苦悶によつて ATP の消失が早く，かつ死後硬直の開始が促進されることを見た。しかしこれ等の諸報告においては，いずれも死後硬直の判定は肉眼的観察によつて行われ，また死後硬直の程度については全く明かにされておらない。

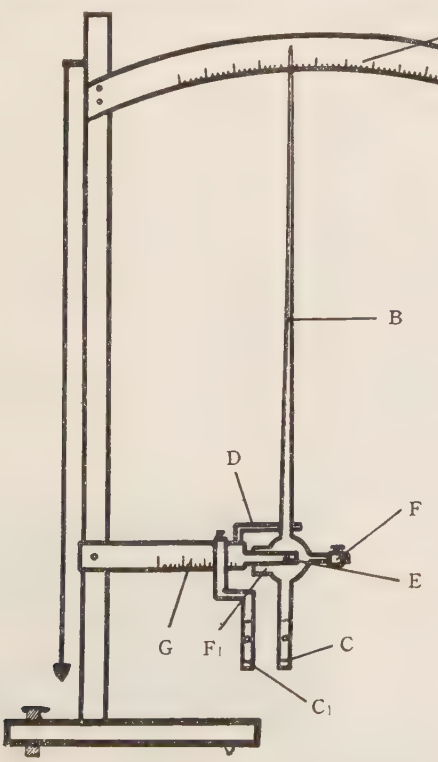
すなわち魚類の致死条件あるいは死後の取扱い方法が，魚肉の〝生きのよさ〟に，どのように影響をおよぼすか等についてもその研究は極めて不充分である。

第 2 章　灌流による筋収縮（〝洗い〟）の現象に関する研究

第 1 節　筋 肉 の 収 縮

i　筋肉収縮量の測定装置

筋肉の収縮量を測定する最も簡単な方法は，「ノギス」を使用して筋肉片の長さを測定することであるが，筋肉片が短い場合にはその収縮の絶対量が小さく，しかも収縮の際には筋肉片が彎曲したり，あるいは筋肉片の末端が不明瞭となつて測定が困難である。従つて，通常は横杆を用いて筋肉収縮量を拡大し，キモグラフを使つて自記的に記録する方法か，あるいはさらに反射鏡を用いて硝子スケール上に拡大して読測する方法[63]等が行われている。著者は各種の装置を比較し，その優劣を検討した結果，第一図に示したような著者の考案した装置が，使用の簡便な点からも，測定誤差の少い点からも，極めて優秀であると認められたので，本研究ではすべてこの装置を使用した。この装置の主要部は，クリップ状の肉片支持器（C）と横杆（B）及び Scale（A）の 3 部から成立つている。横杆（B）はEを回転軸として自由に回転することが出来る。この横杆（B）は左右に移動出来る重垂（F）および（F_1）の調節によつて，常に一定の荷重で試料肉片を引伸ばしている。肉片支持器（C_1）も左右に移動することが出来る。これによつて，固定された試料はその長さを直ちに Scale（G）によつて読むことが出来る。また回転軸（E）から Scale（A）までの距離は，肉片支持器（C）の肉片を挟む位置までの距離の 5 倍に設計されているから，実際に収縮した筋肉の長さは 5 倍に拡大された価で，Scale（A）から読むことが出来る。



A. G.:　目　盛
D.　:　止　金
C. C_1:　試料支持器
E.　:　回転軸
B.　横　杆
F. F_1:　荷　重

第 1 図　灌流による筋収縮量測定装置

ii　筋肉収縮量の測定方法

極めて新鮮な筋肉片は僅かの刺戟によつても収縮するので，既に収縮した筋肉を試料に用いる恐れがあり，真の原長を定め難い。しかし，名取[48]（'51）によれば，筋肉を一度引伸ばし，しかる後一回収縮させるとほぼ一定の長さに復帰する。著者は魚肉片を用いてこれを追試し，筋肉を軽く引伸ばし，ピンセット等で軽く刺戟するとほぼ一定の長さに復帰する事実を確かめたので，先ず肉片を支持器（C，C_1）に挟んだ後引伸ばし，次にピンセットで軽く刺戟し収縮させ，横杆（B）の微震動が停止した後，支持器（C_1）を静かに左右に動かし，横杆（B）が Scale（A）上の零点を示す位置で（C_1）を固定する。この場合における（C）（C_1）間の距離が筋の原長で，Scale（G）から直ちに判読出来る。次にこの筋肉に一定温度の潅流液を毎分15cc. 程度の割合で滴下させる　液の滴下に伴つて筋肉片は収縮し，Scale（A）の示度は移動する。この示度から筋肉の収縮量を算出する。なおこの場合，常に等張性収縮を行わせるために，一定の荷重で筋肉片を引伸ばすように荷重（F）を調節する。この場合の荷重は 0.5g 程度が適当である。

筋肉の収縮量は魚体の部位及び筋繊維の方向によつて異るから，試料に用いる筋肉片は常に一定の部位のものであり，且つ筋繊維の方向が同じものでなければならない。通常は体中央部の背側筋を使用した　筋肉片の大きさは別記した理由によつて，大約巾 0.2cm，厚さ 0.1cm，長さ 1.5～2.0cm の長方形，短冊型とした。この筋肉片は，速かに魚体を 3 枚に卸した後，鋭利な解剖鋏を使用して調製された。試料に用いる筋肉片の原長は可及的等長にされてあるとはいえ，常に幾分かは相違し，厳密に等長ではないから，実測値をそのまま収縮量として比較することはできないが，実測された収縮量の原長に対する割合，すなわち収縮率を比較することはできる。従つて，この研究ではすべて収縮の程度を示す指標としてこの収縮率を採用した。

先ずこの方法による測定の精度を確かめるため，断頭死のコイ肉を用い，次のような予備実験を行つた。すなわち同一部位の筋肉片を用い，20°C の蒸溜水を潅流し，5 回ずつ 4 種の試料につき 20 回の測定を行い第 1 表に示すような結果を得た。すなわちかなりよい精度であることが知られる。

第 1 表　潅流による筋収縮測定方法の精度

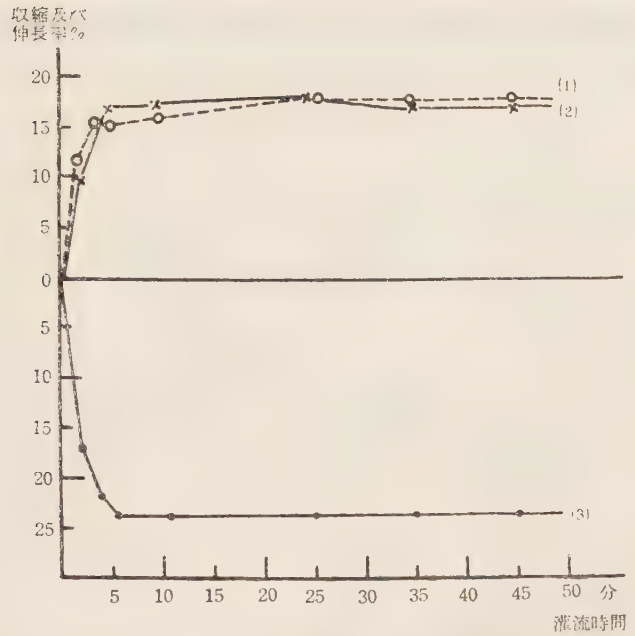
（潅流時間20分，温度20°cの蒸溜水を使用）

	背側筋			背側筋			腹側竜骨筋			腹側竜骨筋		
No.	筋原長 cm	収縮率	△	筋原長 cm	収縮率	△	筋原長 cm	収縮率	△	筋原長 cm	収縮率	△
1	0.85	0.305	0.001	0.96	0.225	0.011	0.85	0.170	−0.018	1.00	0.140	−0.003
2	0.90	0.322	0.018	1.04	0.202	−0.012	1.12	0.180	−0.008	1.10	0.124	−0.019
3	1.00	0.284	−0.020	1.02	0.198	−0.016	1.00	0.196	0.008	1.22	0.164	0.021
4	0.92	0.296	−0.008	0.90	0.236	0.022	0.97	0.184	−0.004	1.06	0.152	0.011
5	1.06	0.315	0.011	1.12	0.210	−0.004	1.24	0.208	0.020	1.06	0.135	−0.008
平均値		0.304			0.214			0.188			0.143	
μ		0.015			0.016			0.014			0.016	

$$\text{収縮率} = \frac{\text{収縮量}}{\text{筋原長}} \qquad \mu^2 = \frac{1}{n-1}\Sigma(\triangle^2) \qquad \triangle = \text{平均値との差}$$

iii　筋肉の収縮と筋繊維の方向

断頭死直後のコイ筋肉片を蒸溜水で潅流し，第 2 図のような結果を得た。すなわち蒸溜水で潅流した場合における収縮（"洗い"による収縮）は，筋繊維の走る方向に起り，これと直角の方向には反対に伸長する。この現象は生筋の収縮の場合と同様である。

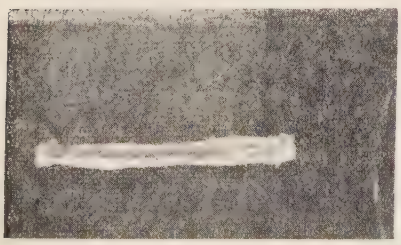


第2図　筋繊維の方向を異にして試料を固定した場合の筋肉片の収縮及び伸長の状況
（コイの背側筋を20°Cの蒸溜水で灌流）
(1)及び(2)：筋繊維と直角の方向に試料を固定した場合の伸長
(3)　　：筋繊維の走る方向に試料を固定した場合の収縮

第3図は死直後のコイの筋肉片と，蒸溜水で灌流した後の同一筋肉片とを比較した写真である。即ち灌流によつて筋肉片は巻縮して太くかつ短くなる。

以上の事実からあきらかなように，〝洗い〟による筋肉収縮量の測定に際しては，常に筋繊維の方向を一定（筋繊維の走る方向に平行）にして測定することが肝要である。通常筋肉は多方向の筋繊維から成り，一定方向の筋繊維からなる部分は小範囲に限定されているから，試料に用いる筋肉片は出来得る限り小片となし，このような部分のみを測定に用いなければならない。そして多くの実験の結果，試料を巾 0.2cm，厚さ 0.1cm，長さ1.5～2.0cm の肉片とし，測定の際には筋原長の長さを1.0cm 内外とすれば，満足すべき結果を得られることがあきらかになつたので，以下の実験では特に指定した以外はこれに従つた。

第3図　灌流による筋収縮の状況



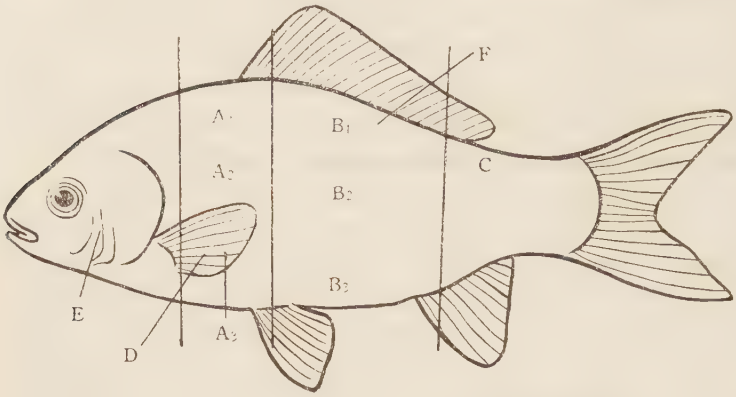
(1)　死直後のコイ（Cyprinus Carpio）の背側筋× 2

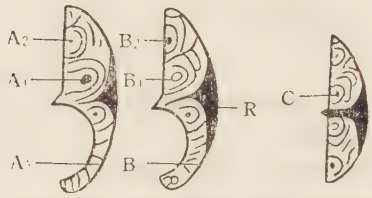
(2)　灌流により(1)の筋肉片が収縮した状況× 2

第 2 節　魚体の各部位における筋收縮率，pH 値，Gglycogen 量および Polyphosphate-P 量

筋肉には生活時常に激しい運動を行う筋肉としからざる筋肉とがあることが知られている。例えば体の推進にあづかつて力があり激しい運動を行うものは，末広(64)（'47）によれば主として尾鰭の筋を含んだ体側筋である。又加福(65)（'50）は52種の魚類の体側筋，特に血合筋の比較解剖を行い，運動の緩慢な魚類と激しい魚類とでは構造的に差異のあることを認めた。従つて潅流による筋肉の収縮量も，魚体の各部位によつて差異があり得ることが想像される。

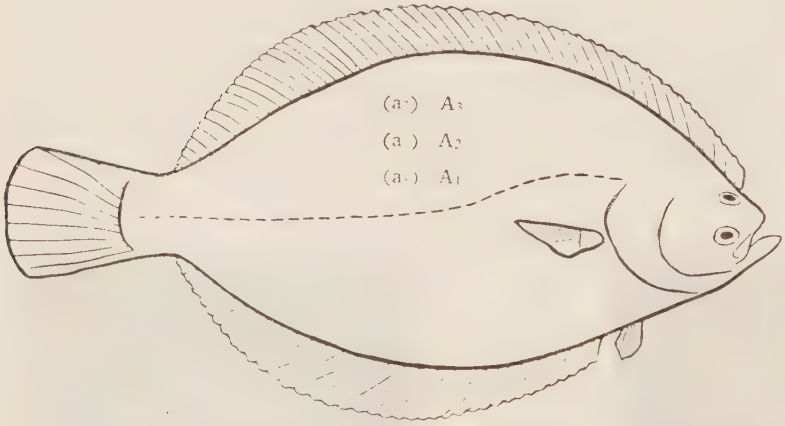
そこで著者は第 4 図に示すような魚体の各部位における筋肉を試料とし，潅流による筋収縮率の測定を行うとともに，同時に生活時における筋収縮の energy 源と考えられている，筋肉内の Adenyl-polyphosphate 量，Glycogen 量ならびに筋肉の pH 値の測定を行つた。

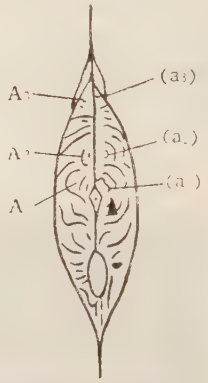




第4-1図　試料の採集部位

A_1 B_1 C: 背側筋　　E: 咬筋
A_2 B_2 : 背側竜骨筋　　F: 背鰭条屈筋
A_3 B_3 : 腹側竜骨筋　　R: 血合筋
D : 胸鰭挙筋



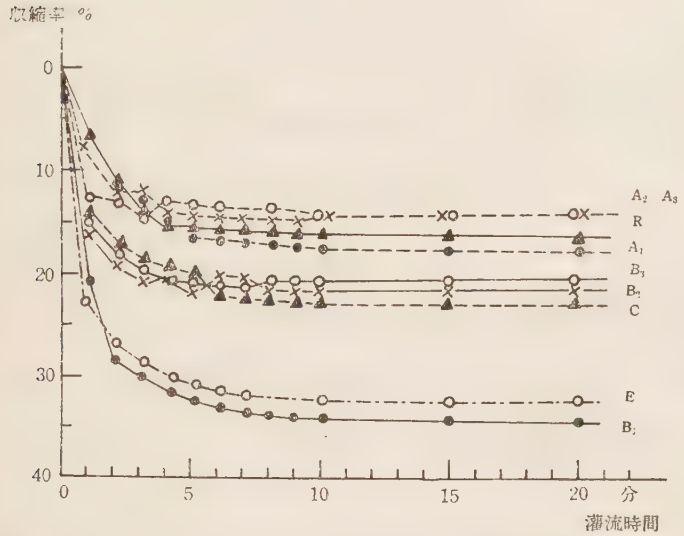


第4-2図　試料の採集部位（カレイの場合）

A_1 : 背側筋
A_2 : 脊側竜骨筋
A_3 : 背側竜骨上筋
$(a_1)(a_2)(a_3)$: 白色体側の筋肉

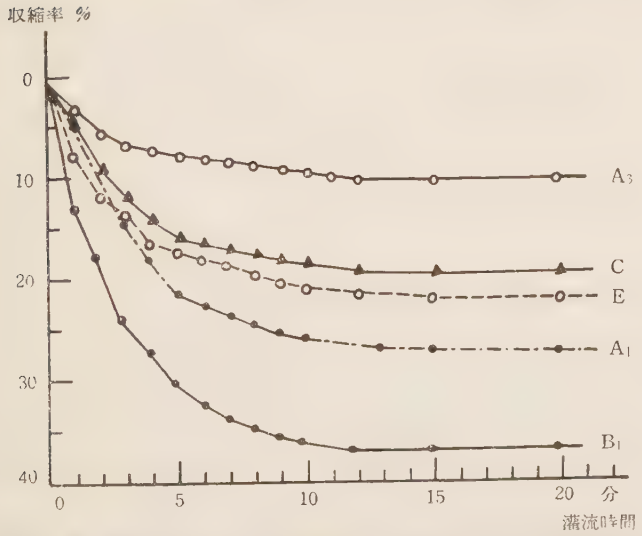
実験に供せられた魚はいずれも定置網で漁獲後，水族館内の水槽に一夜蓄養し休養させた後，断頭死亡させ，直ちに実験に供された。

供試魚種は海水魚ではドチザメ，マフグ，ミシマオコゼ，クロダイ，マダイ，ソウハチカレイ，マサバ，ブリ（幼魚）およびトビウオ，淡水魚ではコイおよびナマズである。



第5-1図　灌流によるコイ(Cyprinus carpio)の筋肉の収縮曲線(20°C)

A_1B_1C：背側筋　　E：咬筋
A_2B_2：背側竜骨筋　　R：血合筋
A_3B_3：腹側竜骨筋



第5-2図　灌流によるナマズ (Parasilurus asotus) の筋肉の収縮曲線 (20°C)

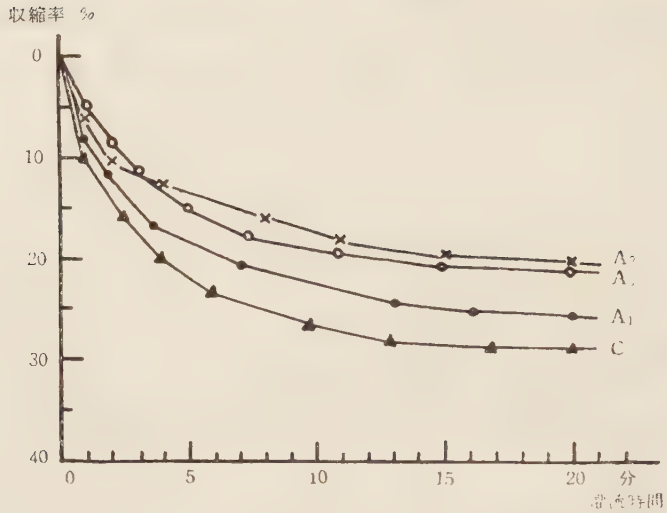
A_1B_1C：背側筋
A_3：腹側竜骨筋
E：咬筋

i 収縮率

まず予備実験としてコイ，ナマズ，クロダイおよびブリの各魚種を試料に選び，筋肉の収縮率と蒸溜水による灌流時間との関係を温度20°Cにおいて研究し，第5図に示すような結果を得た。

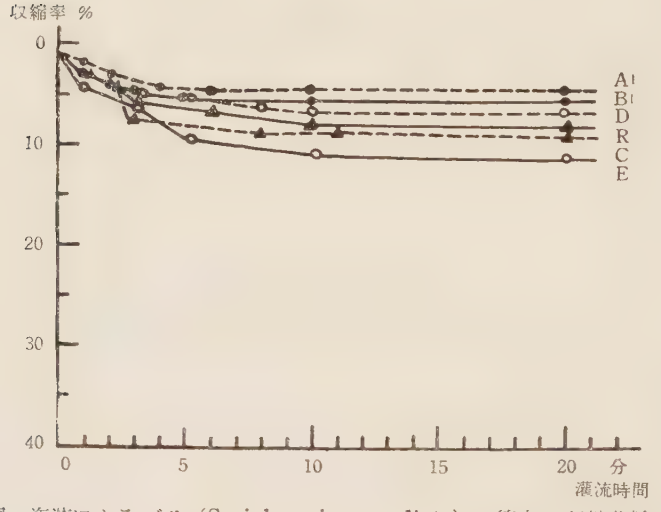
筋肉の収縮率および収縮の速度は，魚種のみならず同一魚体でも，部位によつてかなり相違する。しかしいずれも収縮は灌流の初期に急速に行われ，次第に緩慢となり，ある時間経過後にはこの現象は停止し収縮は完了する。この収縮が完了するまでに要する時間は最長の場合で約15分である。従つて魚肉の灌流による収縮は，温度20°Cでは一般にほぼ15分で完了するものと考えられるから，以後の実験は特別の場合をのぞき，灌流の時間を20°Cで20分とした。

全供試魚種について，この方法によつて測定した。結果を第6図（図中の数字はその部位の筋肉の収縮率である）および第2表に示した。コイ，マダイ，クロダイ，ブリ，サバ，トビウオ，フグ等では，胴中央部および尾部の背側筋が最も強く収縮し，ナマズ，ドチザメ，ミシマオコゼ等では，体の前半部の背側筋が強く収縮しかえつて後半部の背側筋の収縮率は小さい。またタイ類やミシマオコゼ，フグ等では，胸鰭および背鰭の挙筋，あるいは胸鰭挙筋と連絡のある腹側竜骨筋等の収縮率が一般に大きいが，ナマズ，トビウオ等では，比較的にこの部位の筋肉の収縮率は小さい。また一般には背側



第5-3図　灌流によるクロダイ（Sparus swinhonis）の筋肉の収縮曲線（20°C）

A_1 C：背　側　筋
A_2　：背側竜骨筋
A_3　：腹側竜骨筋

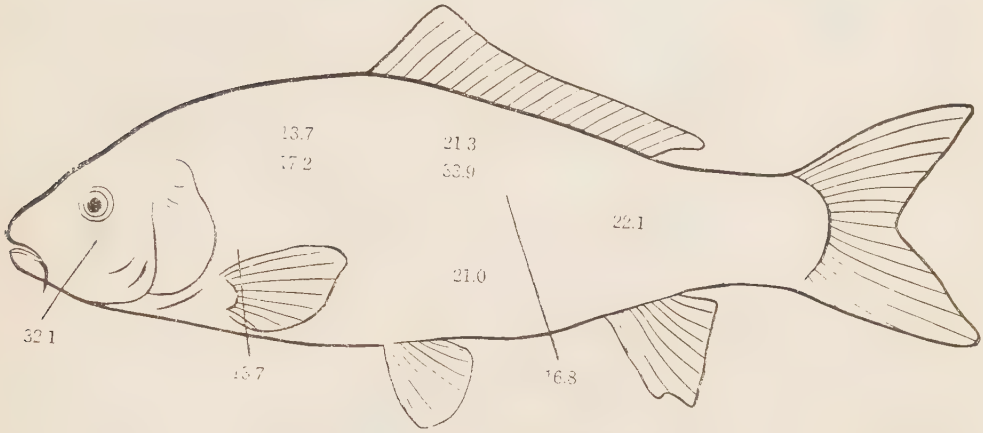


第5-4図　灌流によるブリ（Seriola quinqueradiata）の筋肉の収縮曲線（20°C）

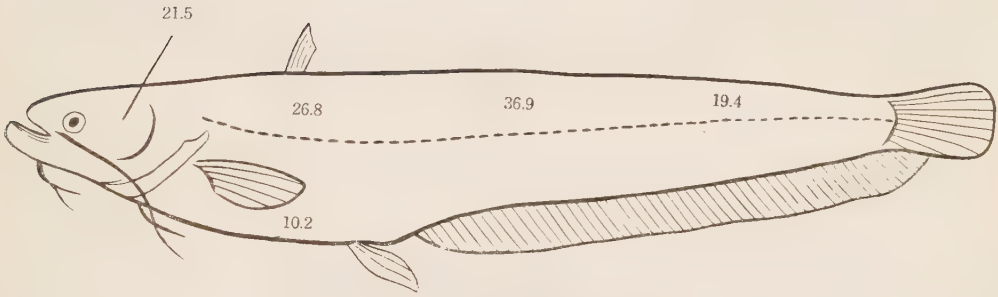
A_1 B_2 C：背　側　筋
D　　：胸鰭挙筋
E　　：咬　　筋
R　　：血　合　筋

筋の収縮率が最も大きいが，ソウハチガレイでは反対に背側筋の収縮率が最も小さく，背側竜骨上筋の収縮率が最大である。また一般に，常に激しい游泳運動を行つている赤身魚類であるブリ，サバ等の骨格筋，あるいは赤色肉である血合筋等はその収縮率が小さく，運動が不活潑といわれているオコゼ，フグ，ナマズ等の白色の骨格筋は比較的に収縮率が大きい。

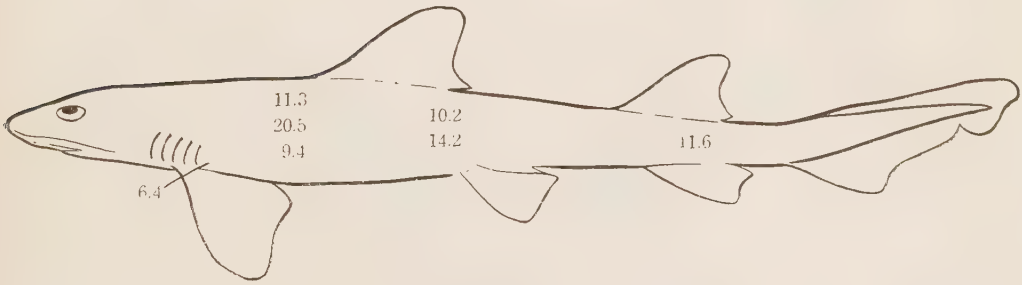
第6図　魚体各部位の筋肉の収縮率（図中の数字は潅流による収縮率を示す）



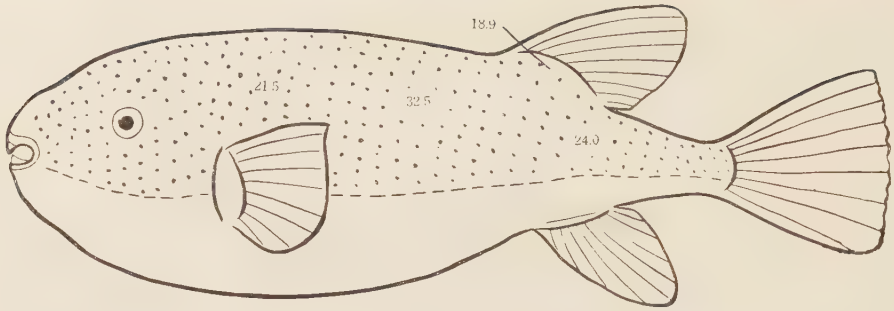
(1)　コ　　イ (Cyprinus carpio)



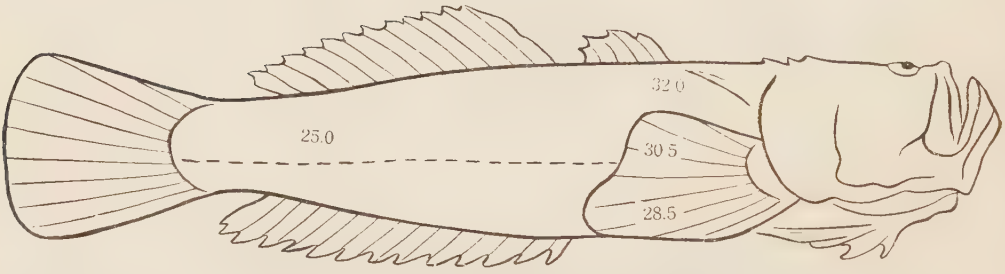
(2)　ナ マ ズ (Parasilurus asotus)



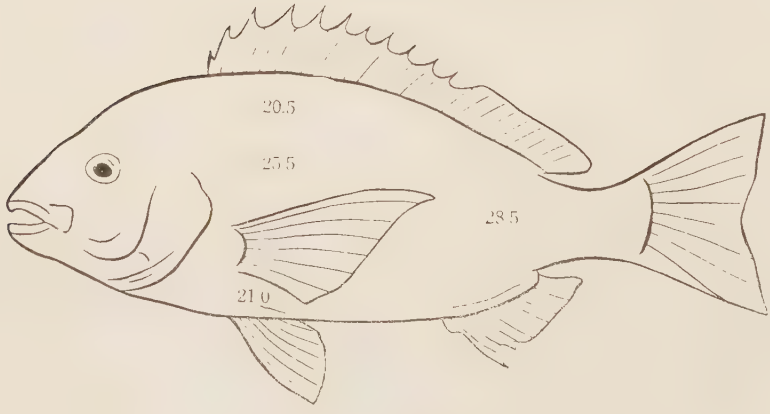
(3)　ドチザメ (Triacis scyllium)



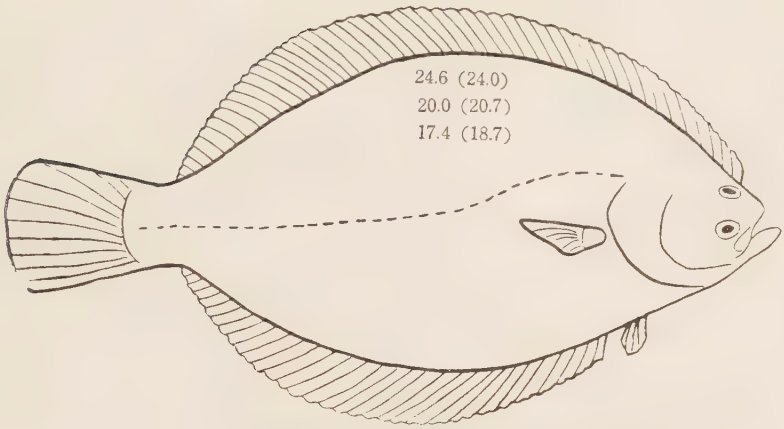
(4)　マ フ グ (Sphoeroides rubripes)



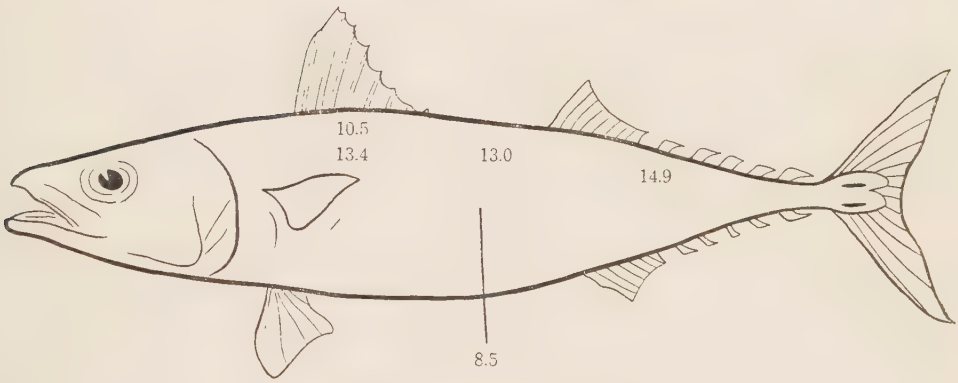
(5)　ミシマオコゼ (Uranoscopus japonicus)



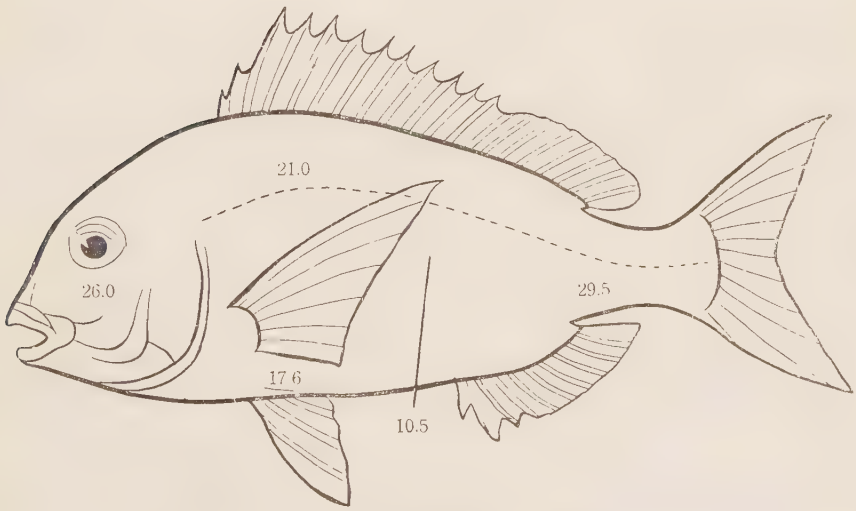
(6)　クロダイ (Sparus swinhonis)



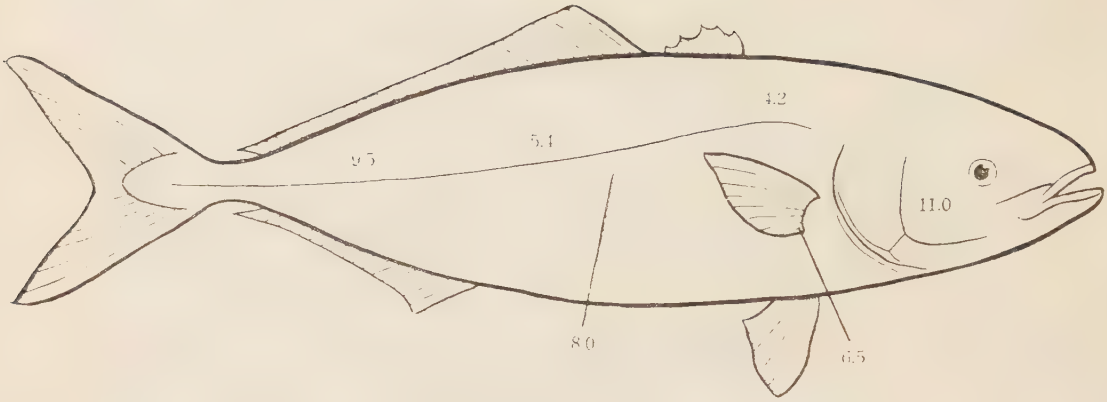
(7) ソウハチカレイ (Cleisthenes herzensteini)



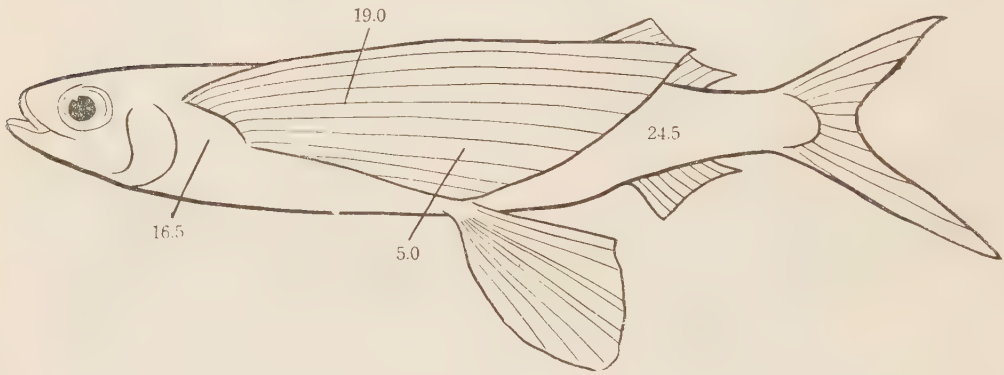
(8) マサバ (Scomber japonicus)



(9) マダイ (pagrosomus major)



(10) ブ　リ (Seriola quinqueradiata) 幼魚



(11) トビウオ (Cypsilurus agoo)

ii p　H　値

死後1時間以内の筋肉を試料とし，ベツクマンG型pHメーターによつて直接筋肉のpH値を測定し，その結果を第2表に示した。

筋肉のpH値は，解糖作用の結果死後急速に低下することが予想されるので，死後直ちに測定することに努めた。しかし実験の関係上，死後直ちに測定出来ない場合には1時間以内に測定を完了し，その間の解糖作用の進行を出来得る限り阻止するために，5°C前後の冷蔵庫に保管した。この場合に，死後1時間以内に変化するpH値の範囲は，コイの場合0.05～0.10，サバの場合0.08～0.15の範囲であり，測定時間の経過によつて測定値にある程度の変動を生ずることはまぬがれなかつたが，その差異は0.15以内であつた。

魚肉pH値の部位による差異については，既に河端[38] ('52)，天野[20] ('53) 等がビンナガマグロ及びソウダカツオについて報告し，新鮮時においては動眼筋肉，鰓蓋筋肉，胸鰭基部肉等の筋肉pH値は高く，また血合筋肉も普通筋肉に比較して幾分高いことを観察し，これらの部位における乳酸生成量が少いことから，これ等の筋肉は普通筋肉に比較して解糖作用が微弱であるためであり，生理的機能と関連があるのではないかと述べた。

著者の観察結果においても，概ねこれらの筋肉に相当する咬筋及び胸鰭挙筋等の筋肉pH値は高かつた。しかし血合筋と普通筋とはその趣きを異にした。すなわちコイ，ナマズ，ドチザメ，マダイ，トビウオ，サバ等においては，背側筋のpH値は比較的高いが腹側竜骨筋や血合筋は低い。またブリ，サバのような赤身

魚類は全般的に pH 値が低く 6.1～6.6 内外を示している。

iii Glycogen 量

試料2.0gを直ちに30%苛性加里で溶解し，さらに Glycogen を硫酸で加水分解して，生じた還元糖をFolin-Wuの方法[66]によつて，島津製光電管比色計を用いて比色定量した。結果は第 2 表の通りであつた。

魚肉内の Glycogen 量に関しては，既に安藤[57]（'39），山田[19]（'48），天野[20]（'53），荻須[67]（'37）等の報告がある。安藤によれば常態のコイでは撲殺直後 0.2～0.4%，疲労したコイでは0.07～0.35%であり，天野によれば死直後のソウダカツオで380～650mg%である。さらに天野は各部位によつて差異のあることを認めている。荻須は10種の魚類の血合肉及び普通肉の糖原量を測定して，普通肉に比較して血合肉に極めて含有量が多いと述べている。しかしそれらの数値は極めて小さく，普通肉の総平均は 21.0mg % 血合肉は 106.4mg %であつて，実験方法に疑問の余地があり，鮮度良好のものを使用したと記載してあるが，恐らく死後硬直経過中若くは経過後のものを試料としたのではないかと想像される。

第 2 表に示した著者の結果から，筋肉の Glycogen 量は，魚種によるのみならずまた魚体の部位の相違によつて，かなり差異のあることが認められる。普通肉ではコイ，サバ，マフグ，ドチザメ等はその含有量が多く400～1.000mg%，ミシマオコゼ，タイ類，トビウオ等は少く100～200mg%である。一方血合肉は普通肉に比較してクロダイ，コイ等が多く1.000mg%近い値であるが，サバは少く500mg%台である。また咬筋，鰭筋等は赤色筋であるが，一般に Glycogen 量が少く100～200mg%である。

iv Polyphosphate-P 量

ATP等を含む高エネルギー燐酸化合物は，一般に生活時における筋収縮のエネルギー源として考慮されておるから，痙攣による筋収縮の場合にも深い関係を有するのではないかと考え，同時に ATP 態燐酸量の測定を行つた。

ATP態燐酸量の定量は Bate-Smith [33]（'47），Lepage [68]（'51）等が行つた方法にならい，試料を直ちに冷三塩化酢酸液で抽出し，7 分間加熱後の燐酸と酸可溶性無機燐酸との差を Polyphosphate-P量（△7P－P）として示した。燐酸の定量は島津製の光電管比色計を使用し，中村氏の変法[69]（'50）によつた。その結果を第 2 表に示した。

死直後の魚肉内の Polyhosphate-P 量に関しては報文が少く，僅かに藤巻[34]（'53）等の業績を見出すに過ぎない。同氏等がソウダカツオ筋肉について，致死条件との関係を研究した結果によれば，直殺区では△7P-Pは56.0mg%，ATP-Pは52.8mg%であるのに対し，苦悶死区では△7P-Pは31.4mg%，ATP-Pは17.4mg %である。著者の結果は藤巻等の結果と大体同様の数値を示し，19.9～55.0mg%の範囲であつた。しかし，この範囲内では魚種および魚体各部位によつて相当の差異が示された。特に注目される点は，同一魚種では△7P-P量と痙攣による筋肉の収縮率との間には密接な関係が存在することである。すなわち筋肉収縮率の大きい部位ほど△7P-P量が多い。しかし，また一面ブリ，サバのような赤色魚肉では△7P-P量が多いのにかかわらず，他のコイ，フグ，タイ等の白色魚肉に比してその収縮率が極めて小さい。

第2表　断頭死直後の魚体各部位の筋肉の灌流による収縮率，pH値，Glycogen量およびAdenyl-polyphosphate（△7p－p）量。

(1) コ　イ

部位	収縮率%	pH値	Glycogen量 mg%	in-Organic-p mg%	7min-heat-p mg%	△7p－p mg%
A_1	17.2	6.70	440.0	123.3	143.3	20.0
A_2	13.7	6.55	265.0	105.0	121.6	16.6
A_3	13.7	6.55	310.0	106.6	129.9	23.3
B_1	33.9	6.80	—	166.6	200.1	33.5
B_2	21.3	6.65	290.0	117.3	143.3	26.0
B_3	21.0	6.55	—	125.0	148.3	23.3
C	22.1	6.85	370.0	131.6	161.6	30.0
D	—	—	—	—	—	—
E	32.1	6.90	—	—	—	—
F	—	—	—	—	—	—
R	16.8	6.55	700.0	81.6	93.3	11.7

(2) ドチザメ

部位	収縮率%	pH値	Glycogen量 mg%	in-Organic-p mg%	7min-heat-p mg%	△7p－p mg%
A_1	20.5	6.80	637.6	115.0	142.0	27.0
A_2	11.3	6.40	425.0	113.3	131.6	18.3
A_3	9.4	6.43	410.6	113.3	127.8	14.5
B_1	14.2	6.70	500.0	118.3	136.6	18.3
B_2	10.2	6.60	—	111.6	131.6	20.0
B_3	—	—	—	—	—	—
C	11.6	6.50	575.0	115.0	133.3	18.3
D	6.4	—	176.6	101.7	111.6	9.9
E	—	—	—	—	—	—
F	—	—	—	—	—	—
R	—	6.40	—	—	—	—

(3) マフグ

部位	収縮率%	pH値	Glycogen量 mg%	in-Organic-P mg%	7min-heat-P mg%	△7P－p mg%
A_1	21.5	6.83	1,240.0	129.9	148.3	18.4
A_2	—	—	—	—	—	—
A_3	—	—	—	—	—	—
B_1	32.5	6.82	783.4	144.1	174.9	30.8
B_2	—	—	—	—	—	—
B_3	—	—	—	—	—	—
C	24.0	6.93	651.6	142.0	162.4	20.4
D	—	—	—	—	—	—
E	—	—	—	—	—	—
F	18.9	6.63	211.6	83.3	100.0	16.7
R	—	—	—	—	—	—

(4) ミシマオコユ

部位	収縮率%	pH値	Glycogen量 mg%	in-Organic-P mg%	7min-heat-P mg%	△7P−P mg%
A_1	30.5	6.88	80.0	96.6	123.7	27.1
A_2	32.0	6.78	180.0	96.6	123.7	27.1
A_3	28.5	6.64	63.4	78.3	107.5	29.2
B_1	—	—	—	—	—	—
B_2	—	—	—	—	—	—
B_3	—	—	—	—	—	—
C	25.0	6.70	206.6	96.6	121.6	25.0
D	—	—	83.4	68.5	90.0	21.5
E	—	—	—	—	—	—
F	—	—	—	—	—	—
R	—	—	—	—	—	—

(5) クロダイ

部位	収縮率%	pH値	Glycogen量 mg%	in-Organic-P mg%	7min-heat-P mg%	△7P−P mg%
A_1	25.5	6.96	150.0	139.9	174.9	35.0
A_2	20.5	7.00	110.0	125.8	148.3	22.5
A_3	21.0	6.98	145.0	127.9	152.0	24.1
B_1	—	—	—	—	—	—
B_2	—	—	—	—	—	—
B_3	—	—	—	—	—	—
C	28.5	7.07	195.0	134.9	174.9	40.0
D	—	—	75.0	120.0	139.0	19.0
E	—	—	—	103.3	133.3	30.0
F	—	—	—	—	—	—
R	—	—	1,000.0	—	—	—

(6) ソウハチカレイ

部位	収縮率%	pH値	Glycogen量 mg%	in-Organic-P mg%	7min-heat-P mg%	△7P−P mg%
A_1	17.4(18.7)	6.40(6.35)	506.6(370.6)	118.3(118.3)	136.6(136.6)	18.3(18.3)
A_2	20.0(20.7)	6.45(6.55)	370.6(380.0)	115.0(109.5)	133.3(125.8)	18.3(16.3)
A_3	24.6(24.0)	6.60(6.70)	410.0(—)	115.0(—)	135.0(—)	20.0(—)
B_1	—	—	—	—	—	—
B_2	—	—	—	—	—	—
B_3	—	—	—	—	—	—
C	—	—	—	—	—	—
D	—	—	—	—	—	—
E	—	—	—	—	—	—
F	—	—	—	—	—	—
R	—	—	—	—	—	—

(7) マ　サ　バ

部位	収縮率%	pH値	Glycogen量 mg%	in-Organic-P mg%	7min-heat-P mg%	△7P－P mg%
A_1	13.4	6.60	783.4	129.9	166.6	36.7
A_2	10.5	6.40	486.6	125.8	160.1	34.3
A_3	—	—	—	—	—	—
B_1	13.0	6.40	1,133.4	133.3	174.9	41.6
B_2	—	—	—	—	—	—
B_3	—	—	—	—	—	—
C	14.9	6.55	843.4	133.3	174.9	41.6
D	—	—	—	—	—	—
E	—	—	—	—	—	—
F	—	—	—	—	—	—
R	8,5	6.30	486.6	65.0	81.6	16.6

(8) マ　ダ　イ

部位	収縮率%	pH値	Glycogen量 mg%	in-Organic-P mg%	7min-heat-P mg%	△7P－P mg%
A_1	21.0	6.52	150.0	129.9	156.6	26.7
A^2	—	—	—	—	—	—
A_3	17.6	—	—	151.6	174.9	23.3
B_1	—	—	—	—	—	—
B_2	—	—	—	—	—	—
B_3	—	—	—	—	—	—
C	29.5	6.55	133.4	129.9	166.6	36.7
D	—	—	—	—	—	—
E	26.0	6.40	173.4	116.0	144.1	28.1
F	—	—	—	—	—	—
R	10.5	6.20	—	100.5	117.0	16.5

(9) ブ　リ

部位	収縮率%	pH値	Glycogen量 mg%	in-Organic-P mg%	7min-heat-P mg%	△7P－P mg%
A_1	4.2	6.10	350.0	89.1	132.1	43.0
A_2	—	—	—	—	—	—
A_3	—	—	—	—	—	—
B_1	5.4	6.27	—	65.0	111.6	46.6
B_2	—	—	—	—	—	—
B_3	—	—	—	—	—	—
C	9.5	6.20	—	72.9	120.0	47.1
D	11.0	—	—	81.6	115.0	33.4
E	6.5	—	—	70.8	95.0	24.2
F	—	—	—	—	—	—
R	8.0	6.30	630.0	33.3	55.3	22.0

(10) トビウオ

部位	収縮率 %	pH 値	Glycogen量 mg%	in-Organic-P mg%	min-heat-P mg%	△P−p mg%
A_1	19.0	6.95	163.4	83.3	123.8	40.5
A_2	—	—	—	—	—	—
A_3	—	—	—	—	—	—
B_1	—	—	—	—	—	—
B_2	—	—	—	—	—	—
B_3	—	—	—	—	—	—
C	24.5	6.85	206.6	93.3	148.3	55.0
D	16.5	6.60	66.6	125.0	149.0	24.0
E	—	—	—	—	—	—
F	—	—	—	—	—	—
R	5.0	6.40	265.0	44.5	64.3	19.8

(11) ナマズ

部位	収縮率 %	pH 値
A_1	26.8	7.00
A_2	—	—
A_3	10.2	6.95
B_1	36.9	7.03
B_2	—	—
B_3	—	—
C	19.4	7.18
D	—	—
E	21.5	7.10
F	—	—
R	—	6.70

V 考察

(1) 筋肉の運動性と収縮率との関係

供試魚であるコイ，ナマズ（以上淡水魚），マフグ，ミシマオコゼ，ドチザメ，マサバ，マダイ，クロダイ，ソウハチカレイ，ブリおよびトビウオ（以上海水魚）等11種の魚類の游泳状態を，水族館の水槽内で観察した結果を記載すれば次の如くであり，それをまとめたものが第3表である。

従来体型上から，一般に活動的な魚と考えられておつたドチザメは，昼間は殆んど游泳せず夜間においてのみ行動し，しかもその游泳もまた極めて不活溌で活動的ではなかつた。また従来游泳に不適当な体型であつて，不活溌と考えられておつたマフグ，ナマズ，ミシマオコゼは，摂餌または恐怖の場合には比較的活溌且つ急速な游泳運動を行つた。また各種の魚類は，各魚種毎にその游泳方法が異り，従つてその運動部位が皆それぞれ異つていた。

以上の観察結果から次のことがわかる。すなわち急速な游泳を行う場合に，主として体の後半部を使用するコイ，マダイ，クロダイ，ブリ，サバ，トビウオ，マフグ等は，第6図に示すようにいずれも胴中央部及び尾部の背側筋，特に体の後半部の背側筋の収縮率が大きく，体前半部の背側筋の収縮率が少さい。一方体全体を屈伸して游泳するミシマオコゼ，ドチザメ，ナマズ等では，背側筋の収縮率は部位によつて大きな差

異がなく，むしろ前半部の背側筋は後半部の背側筋よりもその収縮率が大きい。

またナマズ，ドチザメ，トビウオのように，游泳に際し胸鰭をあまり使用しない魚類では，胸鰭挙筋あるいは胸鰭挙筋と連絡のある腹側竜骨筋の収縮率は小さく，マダイ，クロダイ，ミシマオコゼのように游泳の際に特によく胸鰭を使用する魚類では，これに反しこれらの筋肉の収縮率は大きい。またマフグのように背鰭および尻鰭を良く使用する魚類では，これらの鰭の挙筋及び屈筋の収縮率が大きい。

さらに普通の魚類では背側筋，背側竜骨上筋の順，すなわち体の中心部から外側の筋になるに従い収縮率が小さくなるが，ソウハチカレイのように体が扁平で，常に背鰭及び尻鰭を使用して漕艇型の游泳を行うものでは，これと全く反対に，体の中央部にある背側筋の収縮率が最も小さく，竜骨筋，竜骨上筋の順に収縮率が大きい。

第3表　各魚類の游泳状況と運動部位

※＋＋主に夜間のみ活動，＋昼夜間共に行動，－昼間のみ行動

学名	和名	正常な状態		異状の場合（恐怖，摂餌等）		※夜間行動
		速度	運動部位	速度	運動部位	
Cyprinus carpio	コイ	普通	胸ビレ	早い	尾ビレ	＋
Parasilurus asotus	ナマズ	遅い	全身	早い	全身	＋
Triacis scyllium	ドチザメ	遅い	全身	早い	全身	＋＋
Sphoeroides rubripes	マフグ	遅い	背ビレ，尻ビレ	早い	尾ビレ	－
Uranoscopus japonicus	ミシマオコゼ	遅い	胸ビレ	普通	全身	－
Sparus swinhonis	クロダイ	普通	胸ビレ，尾ビレ	早い	尾ビレ	＋
Cleisthenes herzensteini	ソウハチガレイ	遅い	背ビレ，尻ビレ	遅い	背ビレ，尻ビレ	－
Scomber japonicus	マサバ	早い	後半身（尾ビレ）	早い	後半身	－
Pagrosomus major	マダイ	普通	胸ビレ，尾ビレ	早い	尾ビレ	＋
Seriola quinqueradiata	ブリ	早い	後半身（尾ビレ）	早い	後半身	－
Cypsilurus agoo	トビウオ	普通	尾ビレ	早い	尾ビレ	－

以上のことは加福[65]（'50）が骨格筋の構造的研究から，普通の魚類では体の屈伸に主動的役割を示すものは，竜骨筋ではなく背側筋および腹側筋であると述べていることからも，灌流による筋肉の収縮量が生前の筋肉の運動性と密接な関係があることを示している。

またブリ，サバ等の骨格筋，あるいはマダイ，トビウオ等の白身魚類の血合筋のような赤色又は桃色を呈する筋肉は一般に収縮率が小さいが，コイ，ナマズ，タイ等の咬筋，あるいはフグの背鰭及び尻鰭条屈筋等は赤色筋に属するものであるにもかかわらず，比較的収縮率は大きい。すなわち同一魚種においては，外見上激しい運動をなし得る部位の筋肉ほど収縮率が大きいことがわかる。また各魚種間においても，その運動性と筋肉収縮率との間には明かな正の相関が見られる。すなわち白身魚種では，運動の不活潑なドチザメの収縮率は小さく10～20%内外であるが，タイ類，コイ等では20%以上，マフグ，ナマズ，ミシマオコゼ等では予想以上に大きく20～30%内外である。

マフグ，ミシマオコゼ，ナマズ等は，従来体型上から運動が不活潑であると想像されておつたが，さきに

述べたように，餌を摂取する場合とか驚いた時には，極めて短時間であるけれども，急速な激しい游泳運動を行う。このような体型上運動に極めて不適当な魚類が，急速な游泳を行うためには，運動部位の筋肉は極めて激しくかつ強大な運動を行わなければならないことが想像される。

一方サバ，ブリ等は外見上極めて活溌かつ急速な游泳を行う魚類でありながら，その筋肉の収縮率は予想に反して小さかつた。サバ，ブリ等の游泳は他の魚類と異なつて，縁線推進状の運動を行うために，筋繊維の配列や走行が他の魚類と異つておる[65]といわれているので，試料筋肉片の調製に不備があつたのではないかとも考えられる。しかし，これらの回游性魚類は極めて游泳に適する体型であるから，僅かの筋肉運動によつても，その游泳速度は極めて大となり，游泳に不適当な体型であるミシマオコゼ，フグ等の定着性魚類に比較すれば，僅かの筋肉運動で急速な游泳を行い得るということは容易に想像される。

既に Needham[7]（'28）は，これらの回游性魚類の筋肉（骨格筋）と，コイ，タイ，フグのような定着性魚類の筋肉（骨格筋）との性格的な差異について"白色筋肉（定着性魚類）は極めて急激な短時間の運動に適しており，赤色筋肉（回游性魚類）は比較的緩慢なかつ持続的な運動に適している"と述べているが，回游性魚類と定着性魚類との間の筋収縮に差異が見られるのは，このような筋肉間の性格の差によるものであろう。

(2) 筋肉の運動性と pH 値との関係

河端[38]（'52）は死後硬直中の鮮度良好なビンナガマグロの，魚体各部位の筋肉 pH 値と乳酸量との関係を調査して，動眼筋肉，鰓蓋筋肉，胸鰭基部肉および血合肉の pH 値は普通肉に比較して幾分高いが，これらの筋肉の乳酸量は少く，筋肉の pH 値と乳酸量との間には負の相関があることを報告し，天野等[20]('53)は断頭および苦悶死のソウダガツオについて，魚体各部位の筋肉 pH 値を測定し，断頭死区では血合肉と普通肉の間には pH 値の差は殆んど認められずかえつて普通肉がやや高いが，苦悶死区では，河端の場合と同様に，明らかに血合肉の pH 値が普通肉より高い結果を得，動眼筋肉，鰓蓋筋肉，胸鰭基部肉等の筋肉と共に，普通肉より解糖作用が微弱であり，生理的機能と関係があるのではないかと想像した。

著者の研究結果は第2表に示すように，ナマズ，コイ，タイ類，ミシマオコゼ，トビウオのような白色肉の魚類はブリ，サバのような赤色肉の魚類よりも筋肉の pH 値が僅かに高い。また普通肉と血合肉との間では，全般的に血合肉が幾分低い傾向を示している。

すなわち，これは河端および天野の実験結果とは幾分異る。そこで著者は断頭死を行つたマサバの普通肉及び血合肉を，それぞれ20°C に放置して，筋肉 pH 値の変化を追究し，第4表に示すような結果を得た。これを図示すれば第7図が得られる。すなわち筋肉 pH 値の変化は普通肉より血合肉の方が速やかで，pH 値の低下及び上昇が早く，従つて血合肉の解糖作用は速やかに進行完了すると思われる。この結果から，河端等の行つた実験においては，新鮮であるとはいえ，既に死後硬直中かあるいは解硬中の魚肉を試料に供したために，普通肉の pH 値が血合肉より低下しておつたものと思われる。又天野の苦悶死区における観察は，苦悶によつて普通筋が激しく運動し，そのために普通筋の pH 値が血合肉より低下しておつたためではないかと考えられ，断頭死区における観察が比較的生前の筋肉 pH 値に近似するものであろう。すなわちこれらの数値は異るが，その傾向は著者の観察結果とよく一致している。

従来報告されている魚類の死直後の筋肉 pH 値を表示すると第5表に示すようで，一般に生活時の筋肉 pH 値は 7.0内外を示すものと思われる。しかし既に天野，河端等が報告しておるように，これらの筋肉 pH 値は致死条件及び死後の解糖作用によつて急速に変化するものである。特に後述（第4章第1節ii）するように，サバのような回游性魚種では，僅かの苦悶によつてもその筋肉 pH 値は急速に低下する。この実験ではブリ及びサバの観測値が僅かに低すぎるが，その原因はこのような致死前あるいは致死の際の影響もあつたのではないかと思われる。しかし次のような事実から，主として筋肉 pH 値の部位による差異は運動に直接関係のある ATP-ase を初め，その他の transphosphatase の至適 pH 値に関係のある，生理的原因によるものと考えた方が妥当ではあるまいか。すなわち

(1) 第2表に示した実験結果から，筋肉の収縮率と筋肉 pH 値との関係を図示すれば第8図が得られる。pH 値の高い筋肉は一般に収縮率が大きく，かつ急速に収縮が行われるが，pH 値の低い筋肉はその収縮率が少さい。

(2) 一般にコイ，マダイ，トビウオ等の血合肉はその pH 値が低く，収縮率も小さいが，咬筋或は鰭の屈筋等は血合肉と同じく赤色筋に属するものであるに拘わらず，その pH 値が高く，かつ収縮率も大きい。

(3) ATP を ADP 等に分解する ATP-ase [71]，あるいは ADP を Adenylic acid に分解するとともに ATP を再合成する Myokinase [72]，または ATP から Frucotose-6-phosphate に Phosphate を転移させる移動酵素[73]等の至適 pH 値はいずれも 7.0 附近にあつて，6.0 以下となればその作用は急速に阻害されるといわれておるが，筋肉 pH 値と収縮率との関係もほぼこれと同様の傾向を有し，中性に近ずく程収縮率が大きくなることが第8図から明かに見られる。

(4) 断頭死のコイの背側筋 2g を直ちに種々の pH 値を有する燐酸緩衝液 10CC 中に 15 分間（15°C）浸漬した後，Creatine phosphate-P（CP－P）（CP－P の定量は Lepage [68]（'51）の方法に準拠して行つた）及び Glycogen 量を測定し，死直後の量と比較したものが第6表である。第9図は第6表を図示したものである。すなわち Glycogen の減少は pH 7.0 附近において最も少く，Creatine-phosphate（CP-P）の減少は最も多い。

以上の事実から，死直後の魚体各部位における筋肉 pH 値の差異は，少くとも生活時におけるその運動性と密接な関係があり，短時間に急激な運動を行う部位では，ATP-ase 等の Transphosphatase に都合のよいように，高 pH 値を保持する必要があり，一方持続的ではあるが急速な激しい運動をそれ程行う必要のない部位では，pH 値は比較的低くてもよいことが予想される。しかし苦悶死の場合には苦悶の際に激しい運動や痙攣を行う背側筋等の pH 値は，急速に低下することが考えられるので，直殺死の場合とは異つた数値を示すこともあると考えられる。

ブリ，サバのような赤味魚類の筋肉は pH 値が低く，その収縮率が小さいことは上述と全く同じ理由に基くものと考えられる。すなわち，これらの回游性魚族は絶えず持続的な運動を行う必要があり，運動量は極めて大きいと予想される。そのためには ATP 量も大であると同時に，ATP を絶えず補給するため Glycogen 量も多く，解糖作用が旺盛でなければならない。また第6表に示したように，Glycogen の分解が微酸性においてより旺盛に行われることも，これに関連しているものと思われる。なお既述したように，一般にこのような回游性魚族の体型は流線型で，外界に対する抵抗が小さく，極めて游泳し易いので，僅かの筋肉運動によつても急速な游泳が可能であるから，極めて激しい急速な筋肉運動を行う必要はないのであろう。

第4表　室温（20°C）に貯蔵した場合の筋肉pH値の変化
（断頭死のマサバ）

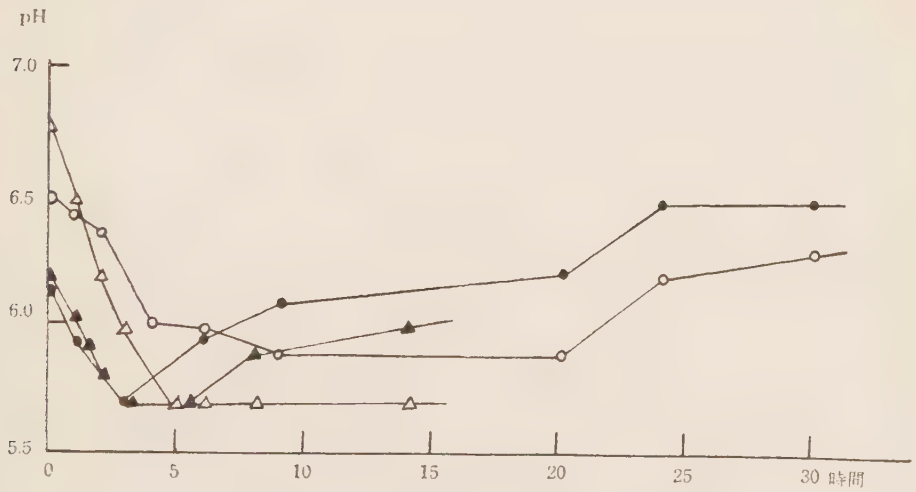
魚類	マ		サ	バ
死後経過時間 ＼ 筋肉	背側筋		血合肉	
時間				
0	(Ⅰ) 6.55	(Ⅱ) 6.80	(Ⅰ) 6.15	(Ⅱ) 6.20
1.00	6.45	6.50	5.95	6.05
1.30		6.35		5.90
2.00	6.38	6.20		5.80
3.00		6.00	5.70	5.70
4.00	6.05			
5.00		5.70		5.70
6.00	6.00	5.70	5.95	
8.00		5.70		5.90
9.00	5.90		6.10	
14.00		5.70		6.00
20.00	5.90		6.22	
24.00	6.20		6.50	
30.00	6.30		6.50	

第5表 死直後の魚肉の pH 値

魚類名	漁獲又は死殺方法	pH	研究者
haddock	釣り	7.0 ～ 7.3	Beuson, Macpherson, Cutting, Hjorth-Hansen (86)
haddock	底曳	6.5 ～ 6.9	
cod		7.05 ～ 7.33	
hack		7.0	
halibut		7.0	
コイ	普通のもの	6.6 ～ 6.8	安藤 (57)
コイ	疲労後のもの	6.3 ～ 6.7	
ソウダガツオ	断頭死	6.44 ～ 7.02	天野 (20)
ソウダガツオ	苦悶死	5.71 ～ 6.90	

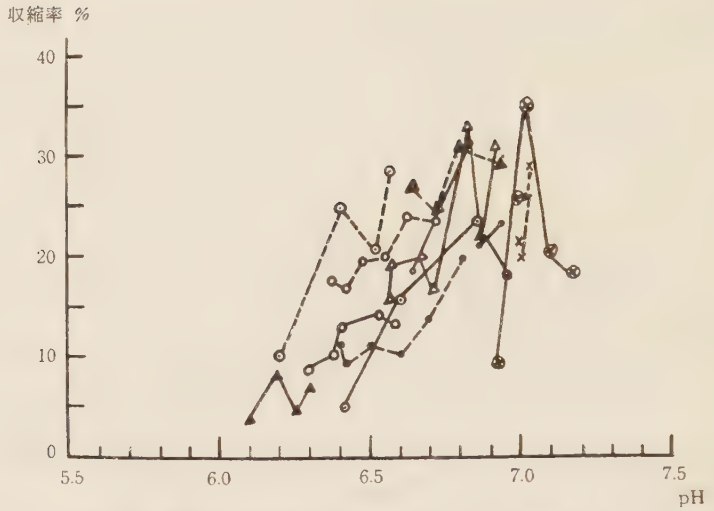
第6表 コイの背側筋の解糖作用に及ぼす pH の影響（温度 15°C，浸漬時間 15分間，燐酸緩衝液使用，試料肉のCP-P含量＝18.5mg%，Glycogen含量＝840.0mg%）

pH	5.6	6.2	6.6	7.0	7.3	7.7	7.9	8.1
Creatine phosphate-P (CP-P) 量 mg%	4.8	3.3	3.3	1.8	4.8	8.7	8.7	11.7
減少したCP-P量 mg%	13.7	15.2	15.2	16.7	13.7	9.8	9.8	6.8
Glycogen量 mg%	500.0	675.0	610.0	795.0	690.0	640.0	620.0	560.0
減少したGlycogen量 mg%	34.00	165.0	230.0	45.0	150.0	200.0	220.0	280.0



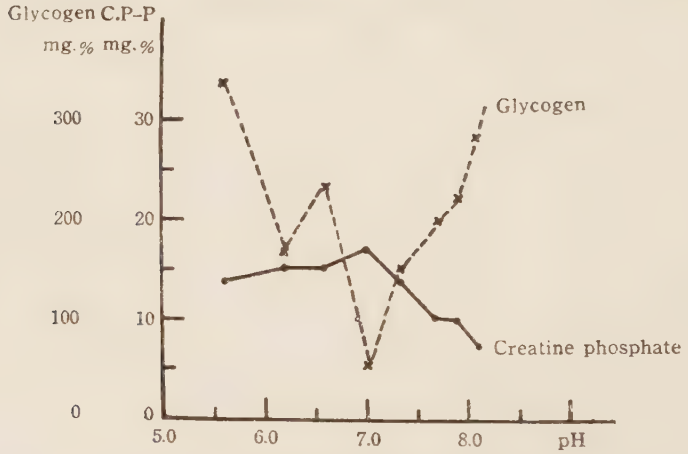
第7図 室温（20°C）に放置した場合の筋肉のpH値の変化

—○— 背側筋 } マサバ (1)
—●— 血合筋 }
—△— 背側筋 } マサバ (2)
—▲— 血合筋 }



第8図　潅流による筋肉の収縮率と筋肉の pH 値との関係

コイ　ナマズ　クロダイ
ブリ　マフグ　ドチザメ
マダイ　マサバ　トビウオ
ミシマオコゼ　ソウハチカレイ



第9図　コイの筋肉中の Creatine phosphate (C. P-P) と Glycogen の分解に及ぼす pH値の影響（筋肉片は15°Cで15分間燐酸緩衝液に浸漬され，その際減少した量を示す）

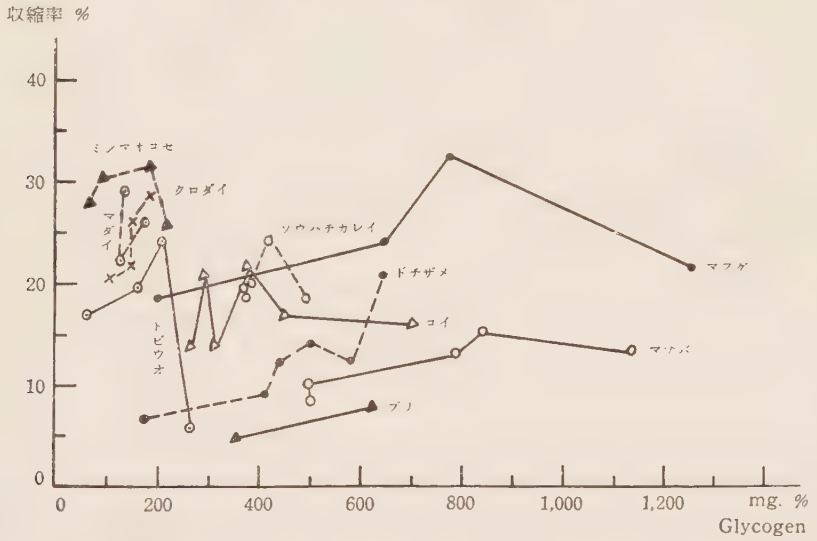
C.P-P　　Glycogen

(3)　筋肉の運動性と Glycogen 量との関係

さきに述べたように，激しい運動を行わなくても常に間断なく持続的な運動を行う，すなわち運動量の大

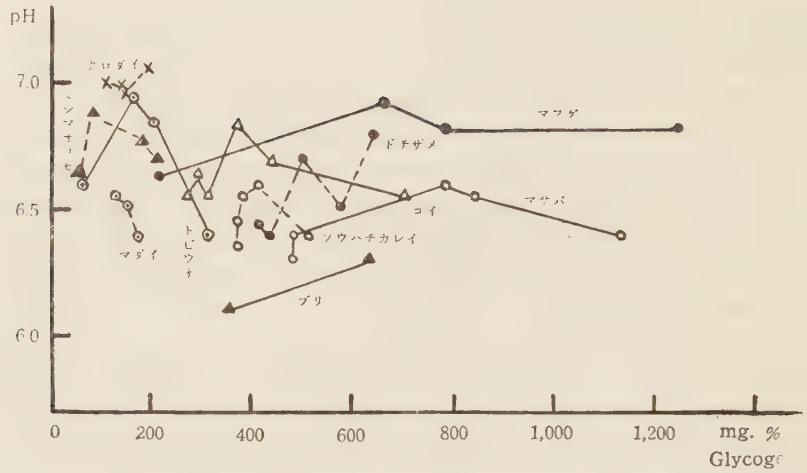
きい魚類では Glycogen 量が多く，また，たとえ瞬間的には極めて激しい運動を行い得ても，通常はあまり運動を行わない，すなわち運動量の小さい魚類では Glycogen 量が少いと思われるから，恐らく筋肉中の Glycogen 量の多少は，生活時における運動量の大小をある程度示していると考えてよいであろう。運動量の大きい，すなわち Glycogen 量の多い魚類は当然解糖作用も旺盛に行われ，筋肉pH値も低いはずである。第2表からGlycogen量とpH値との関係を図示すれば第11図が得られ，ほぼこの事実が認められ，Glycogen 量とpH値との間には負の相関があることがわかる。また第2表から，筋肉の収縮率と Glycogen 量との関係を図示すると，第10図が得られる。この図から Glycogen の少い魚種程収縮率が大きい傾向にあることが窺われる。これは筋肉 pH 値が高い筋肉ほど収縮率が大きいというさきに述べた事実とよく一致する。しかし第10図及び第11図から明らかなように，マフグのみは例外であつて，pH 値が高く筋肉収縮率も大きいにかかわらず，Glycogen 量もまた多い。

この理由は明らかではないが，フグ毒（Tetrodotoxin）をアルカリで処理すれば分解して葡萄糖を生ずることが知られている[80]から，ここに得られた数値は Glycogen の他に，フグ毒あるいはこれに関連のある物質がある程度加算されたものと思われ，真の Glycogen 量ははるかに少いのではなかろうか。なお同一魚体の各部位の筋肉でも，前記のような相関が存在すべきであると考えられるが，第10図及び第11図からは明瞭な関係が認められない。恐らくその差異が実験誤差の範囲内であつたためではあるまいか。



第10図　潅流による筋肉の収縮率と筋肉中の Glycogen 量との関係

△ コイ　● マフグ　▲ ミシマオコゼ　◉ トビウオ
▲ ブリ　○ マサバ　○ ソウハチカレイ
◉ マダイ　× クロダイ　● ドチザメ



第11図　筋肉中の Glycogen 量と筋肉の pH 値との関係

—△— コ　イ　—●— マ フ グ　··▲·· ミシマオコゼ　—◉— トビウオ
—▲— ブ　リ　—○— マ サ バ　----○--- ソウハチカレイ
◉ ·· マ ダ イ　··· × ---- クロダイ　--- ● --- ド チ ザ メ

(4) 筋肉の運動性と Polyphosphate-P 量との関係

第2表から，各魚種について筋肉収縮率と筋肉の△7P－P含量との関係を図示すると，第12図のようになる。すなわち各魚種はいずれもほぼ零点を起点とする直線的の関係を示し，その相関関係を求めると，次のように高度の正の相関が認められる。

コ　イ	N = 7	γ = +0.869
サ　バ	N = 5	γ = +0.963
ドチザメ	N = 7	γ = +0.915
マ ダ イ	N = 4	γ = +0.929
クロダイ	N = 4	γ = +0.998
トビウオ	N = 4	γ = +0.995

このことは潅流による筋肉の収縮と，△7P－P量との間には極めて密接な関係が存在することを示している　もし潅流による筋肉の収縮率が生前の筋肉の運動性を示すものとすれば，Adenyl-polyphosphate 量と筋肉の収縮率との間に強い正の相関が認められることは当然のことであろう。

さらにまた第12図で見られるように，直線の傾斜角度は魚種によつてそれぞれ異り，その順位は次の如くである。

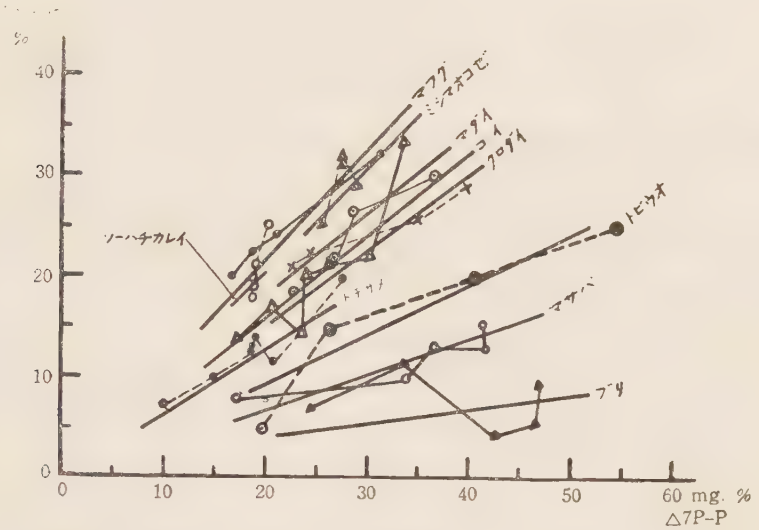
ブリ＜サバ＜トビウオ＜ドチザメ＜クロダイ＝コイ＝マダイ＜ミシマオコゼ＝ソウハチガレイ＝マフグ

この順位は魚類の回游時の速度又は回游範囲，あるいはその体型と密接な関連があることが想像される。すなわち，このことは体型が游泳に適し，広範囲な回游を行う魚類は，回游を行わず游泳に不適当な体型を持つ魚類に比較して，同一程度の筋肉運動を行うためには，遙に多量の Adenyl-polyphosphate を必要とすることを意味している。

このことは，回游性魚族は絶えず運動するため運動量が大きく，従つて常に多量の polyphosphate を消費せねばならないことに関連していると思われる。すなわち，このためには解糖作用が旺盛に行われなければならないが，その為には筋肉中に多量の Glycogen を含有すると共に，既述した如く，筋肉のpH値は微酸

性にあることが都合よく，従つて筋収縮率は小さくなると思われるからである。

そしてこのことは既に述べたように，定着性魚族はその体型上から，急速な游泳を行うためには，極めて激しい急激な筋肉運動を行わねばならないが，回游性魚族は極めて僅かの筋肉運動によつても，急速な游泳を行うことが出来るから，同一程度の游泳を行うためには，回游性魚族は定着性魚族に比して，はるかに僅少の筋肉運動で足りるわけであろう。



第12図　潅流による筋肉の収縮率と筋肉中の△7P-P量との関係

——△—— コ　イ　——●—— マ フ グ　----▲---- ミシマオコゼ　----◉---- トビウオ
——▲—— ブ　リ　——○—— マ サ バ　----○---- ソウハチカレイ
——◉—— マ ダ イ　---- × ---- クロダイ　--- ● --- ド チ ザ メ

第 3 章　灌流による筋収縮の機構に関する研究

灌流によつて筋肉が収縮を起す原因ならびに機構を明らかにする目的で，物理的及び化学的の両分野から研究を行つた。

第 1 節 物 理 的 分 野

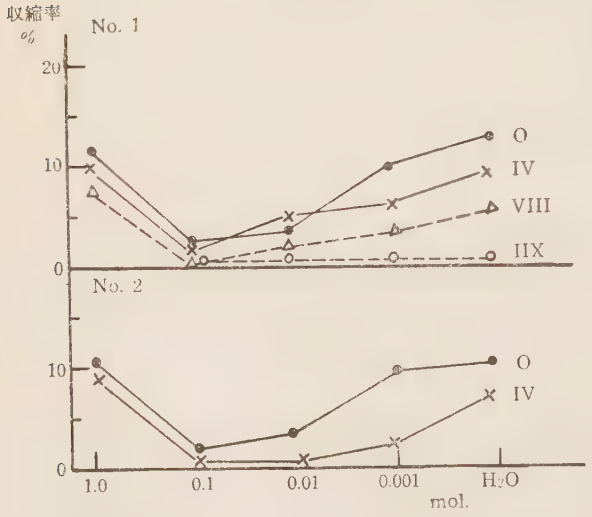
i 浸　透　圧

新鮮な筋肉を水に浸漬した場合に生ずる自発的な筋肉収縮の現象については，その原因としてまず浸透圧の変化が考えられる。しかし，このことに関しては浅野[60]（'16），柏原[61]（'20）等が NaCl 又は KCl, $CaCl_2$ 溶液等を用い，また Heilbrum [62]（'40）が $CaCl_2$, $SrCl_2$, $BaCl_2$, NaCl, KCl, $MgCl_2$ 溶液等を用いて研究し，既に浸透圧の変化によるものではないことを明らかにしている。魚肉を対象とせるこのような研究，特にその鮮度との関係についての研究は全く行われておらないので，これを確かめるため，鮮度の異つたすなわち死後時間を異にした断頭処理のコイ肉を，種々の濃度の食塩水で灌流し，筋肉収縮率を測定した。その結果は第 7 表に示すようである。第13図は第 7 表を図示したものである。

第7表　鮮度を異にしたコイ背側筋の NaCl 溶液による収縮率の変化

（貯蔵温度 20°C　灌流時間10分），灌流液の温度 20°C）

試　料	死後経過時間	灌流による収縮率				
		蒸溜水	1.0mol	0.1mol	0.01mol	0.001mol
	時間					
a_1	0	14.1%	11.2%	2.1%	4.1%	10.6%
a_2	4	10.6	10.5	1.2	5.3	6.5
a_3	8	7.3	9.0	0.0	3.0	4.8
a_4	12	0.0	—	0.0	0.0	0.0
b_1	0	11.6	11.2	2.0	4.0	10.3
b_2	4	8.6	10.2	0.6	1.2	2.3



第13図　鮮度を異にしたコイの背側筋を種々の濃度の食塩水で灌流した場合の筋肉収縮率の変化

（灌流時間10分間，液の温度20°C）

O→XII　死後経過時間（貯蔵温度　20°C）

筋肉収縮率は筋肉と等イオン強度に近い 0.1mol の NaCl 溶液の場合に最も小さく，これを離れるに従つて大きくなる。又死後時間の経過に伴い筋肉の収縮率は小さくなるが，この小さくなる割合は灌流液の食塩濃度が稀薄な場合程著しい。

この実験では Na^+ 及び Cl^- イオンの影響が考えられるので，次に NaCl 溶液の代りに各種の濃度の庶糖液を使用して実験した。結果は第 8 表に示す如くである。すな

わち庶糖液で灌流した場合には，蒸溜水で灌流した場合よりも幾分その収縮率が小さいように思われるが，この程度の差は殆んど影響がないものと考えてよいであろう。従つて筋収縮の現象が，単なる浸透圧の変化によるものではないことは明白である。

第8表　庶糖液による筋収縮率の変化（試料断頭死直後のコイの背側筋，灌流時間20分，灌流液の温度20°C）

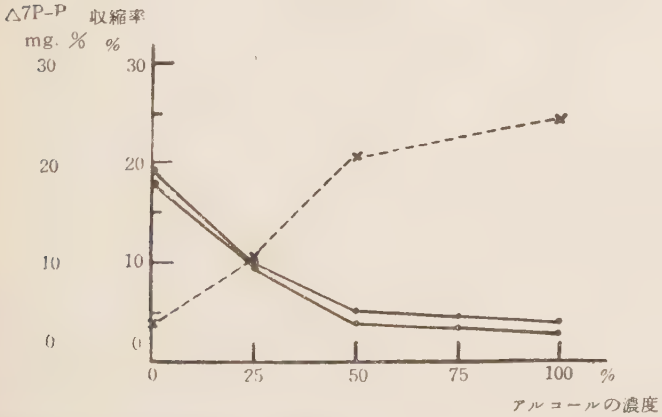
試料	蒸溜水	庶糖液の濃度 1.0%	5.0%	10.0%	20.0%
No. 1	28.5%	27.0%	28.0%	26.0%	26.0%
No. 2	25.0%	23.5%	24.0%	22.0%	23.0%

ii　含水量（脱水作用）

断頭死直後のコイの背側筋を，種々の濃度のエチールアルコール水溶液で灌流し，その筋肉収縮率を測定し，その結果は第9表に示すようである。第14図は第9表を図示したものである。すなわちアルコール濃度が高いほど脱水されて，筋肉中の水分含有量は少くなり，筋肉の収縮率は小さい。特に脱水の影響が強く見ら

第9表　各種濃度のエチールアルコール水溶液で灌流した場合の筋肉の収縮と含水量並に△7P－P量の変化（試料　断頭死直後のコイの背側筋，コイ肉の△7P－P量 23.6mg%，水分量＝79.97%　灌流時間及び温度＝20°C，10分間）

アルコール濃度	0%	25%	50%	75%	99.5%
筋収縮率 %	18.5 19.9	10.0 9.5	5.0 4.8	4.8 4.0	4.0 3.5
含水量 %	81.66	30.24	79.32	78.92	77.34
残存した △7P－P量 mg%	4.0	10.2	21.3	—	23.8
減少した △7P－P量 mg%	19.6	13.4	2.3	—	−0.2

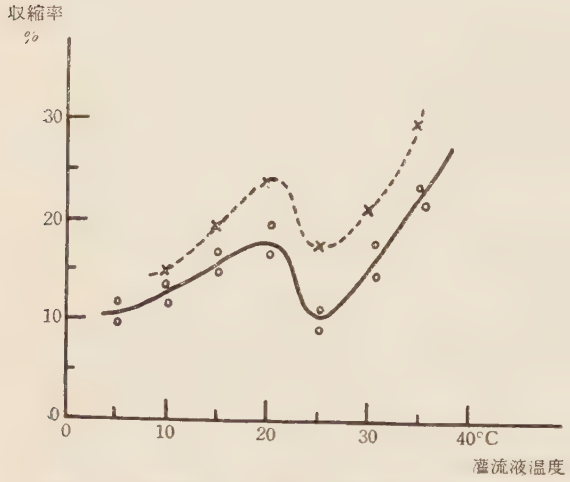


第14図　コイの背側筋を種々の濃度のアルコール液で灌流した場合の収縮率の変化（灌流時間10分間，温度20°C）
——●—— 筋肉の収縮率　-----×----- 筋肉中に残存する△7P-P量

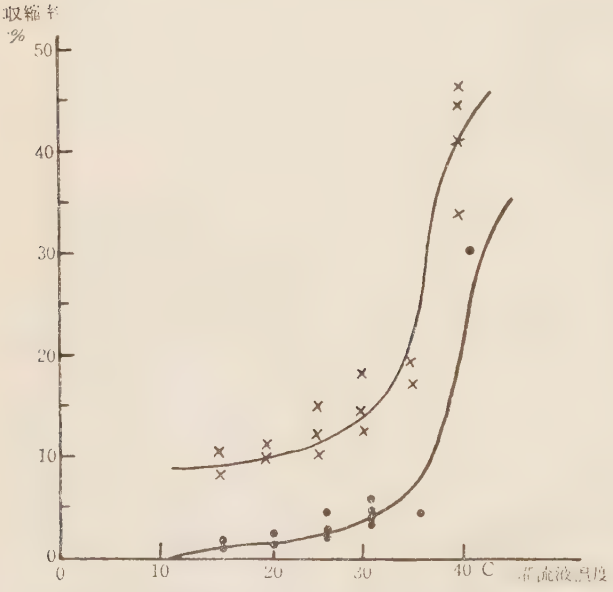
れるアルコール濃度50%以上では，その収縮率は極めて小さくかつ濃度による変化も小さい。またこの場合，筋肉および灌流液中に分解しないで残存する△7P-P量が多く，特に50%以上の濃度の場合には殆んど分解されないで残存している。このことはATP等を分解するATP-ase等の phosphatase の作用がアルコールによつて阻害されたためか，あるいはアルコールの脱水凝固作用等に基く蛋白変性により，Adenyl-Polyphosphate 等の分解が行われないで収縮しなかつたものと思われるが，いずれにしても，脱水作用はかえつて筋肉の収縮をさまたげるものと思われる。

iii 水　　温

断頭死直後のコイの背側筋を，種々の温度の蒸溜水および食塩水で潅流し，筋肉の収縮率を測定し，その結果を第15図に示した。



第15-1図　潅流による筋肉の収縮に及ぼす水温の影響
断頭死コイの背側筋，潅流時間10分間
×----- 試料 1　——○—— 試料 2



第15-2図　潅流による筋肉の収縮に及ぼす水温の影響
断頭死コイの背側筋，食塩水で10分間潅流した場合
——×—— 0.01 モル　食塩水　——●—— 0.1 モル　食塩水

従来魚肉の〝洗い〟を作る場合には，冷清水を使用することが常識とされ，温水を使用することは筋肉が縮まず不可とされておつた。しかし，実際には第15-1図に見られるように，予想に反して筋肉の収縮率は低温度の場合には小さく，温度の上昇とともに大きく，20°C附近で最大となり，25°C附近では一旦低下するがその後再び温度の上昇と共に急激に大きくなる。

筋肉収縮はATP-ase等の作用によつて，筋肉内のATP等が分解される際に生ずるエネルギーによつて行われるものとすれば，この事実は当然であつて，20°C附近が至適温度と考えられる。30°C附近以上の温度で収縮率が大きくなるのは酵素作用による筋収縮ではなく，蛋白の熱凝固によつて起つた現象であると考えられる。なぜならば，一般に魚肉中には30～35°C附近で熱凝固を起す蛋白[74-75]の存在することが確かめられているからである。第15—2図は食塩水で潅流した場合であり，温度の影響は第15—1図と同様の傾向を示しているが，25°C附近における収縮率の減少は殆んど認められない。これは恐らく食塩の筋収縮阻害作用と熱凝固促進作用との影響によるためであらう

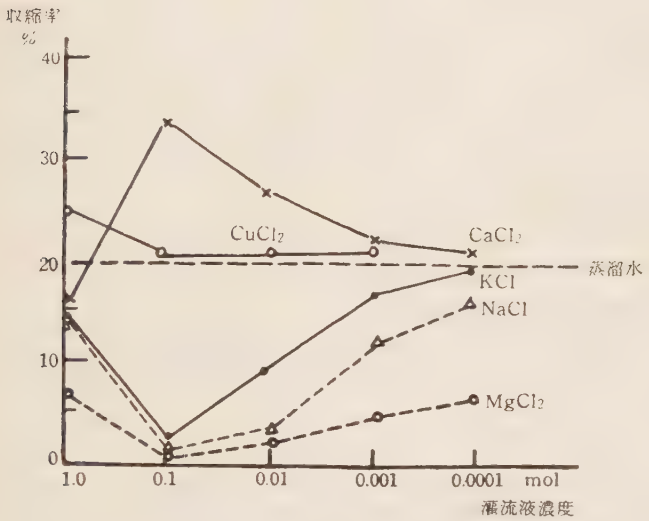
第2節 化学的分野

i 塩　　類

第7表から，魚肉の潅流による収縮率は塩類によつて影響されることが明らかに予想されるのでこの実験を行つた。なおこの場合には，限られた時間内に多量の試料を取扱わなければならないので，やむを得ず潅流時間を6分間としたが，全収縮量の90%以上がこの時間中に収縮する（第5図）から，このような塩類の影響を比較するのにはさほど

第10表　灌流による筋収縮におよぼす陽イオンの影響（断頭死直後のコイの背側筋，灌流時間6分，灌流液の温度20°C，蒸溜水による筋収縮率は20.0%）

濃度 mol	0.0001	0.001	0.01	0.1	1.0
K Cl	19.8	16.8	9.5	2.5	15.4
Na Cl	15.7	12.2	4.0	2.0	15.6
$CaCl_2$	20.0	22.5	27.8	34.6	15.9
$MgCl_2$	6.0	4.7	3.0	1.0	7.6
$CuCl_2$	—	20.0	20.4	20.5	25.9



第16図　灌流による筋肉の収縮に及ぼす陽イオンの影響
断頭死コイの背側筋，灌流時間6分間，温度20°C
—×— $CaCl_2$液　·····△····· NaCl液　—●— KCl液
·····○····· $MgCl_2$液　—○— $CuCl_2$液

第11表　灌流による筋収縮におよぼす陰イネンの影響（断頭死直後のコイの背側筋，灌流時間6分，灌流液の温度20°C，蒸溜水による筋率収縮は22.6%）

濃度 mol	0.001	0.01	0.1	1.0	3.0
K I	23.7%	12.8%	2.9%	0.7%	0 %
KNO_3	21.1	13.6	4.8	6.0	7.2
KCl	20.2	16.5	4.8	8.6	6.9
KBr	20.1	14.7	2.0	5.9	—
KCNS	22.5	15.5	3.0	2.7	3.6

著るしい障害とはならないであろう。まず NaCl, KCl, $CaCl_2$, $MgCl_2$ 及び $CuCl_2$ の各塩類を用い，陽イオンの影響を見た。すなわちこれら各塩類の種々の濃度の溶液で，断頭死直後のコイ肉を灌流し，その収縮率を測定した結果は第10表に示すようであつた。これを図示すれば第16図が得られる。

すなわちMg⁺⁺，Na⁺，及びK⁺は筋収縮を阻害し，Ca⁺⁺は促進し，Cu⁺⁺は殆んど影響を与えない。これらの塩類の筋収縮を促進または阻害する至適濃度は，$CaCl_2$を除きいずれも0.1mol附近であり，この濃度を離れるに従つてその作用は弱まり，筋収縮に及ぼす塩類の影響が小さくなる。

次に陰イオンの影響を見るために，KI. KNO_3, KCl, KBr, KCNS の各塩類を用い，同様の実験を行い，第11表の如き結果を得，これを第17図に示した。

すなわち，0.1mol以下の濃度では，陰イオンの種類による影響は殆んど認められないが，この濃度以上では影響が現われ，筋収縮を阻止する強さはI', CNS', Br', NO_3', Cl'の順位であり，Hoffmeisterの順列に似た順序を示している。

次に塩類相互間における拮抗作用の有無を明かにするため，KCl及び$CaCl_2$の混合液を用いて同様の実験を行い，第12表の結果を得た。これを図示したものが第18図である。

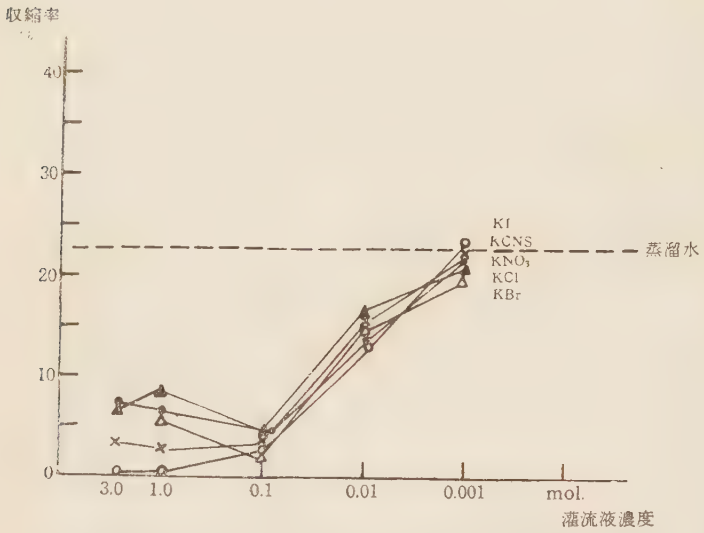
すなわち筋肉の収縮率は

(1) 混合液中のK⁺の濃度が0.5molの場合には，Ca⁺⁺の濃度の如何にかかわらず常に阻害される。

(2) K⁺の濃度が0.05molの場合には，Ca⁺⁺の濃度が0.05molの場合にのみ僅かに促進され，Ca⁺⁺の濃度がこ

れより濃厚または稀薄な場合には阻害される。

(3) K'の濃度が0.005mol以下の場合には，Ca¨の濃度が0.005mol以上の場合には常に促進される。



第17図　灌流による筋肉の収縮に及ぼす陰イオンの影響
断頭死コイの背側筋，灌流時間6分間，温度20°C
—○— KI 液　—●— KNO_3 液　—▲— KCl液
—△— KBr液　—×— KCNS液

なお第18図から，$CaCl_2$ の促進作用が KCl によつて阻害される傾向が明瞭にうかがわれる。

一般に，筋肉中のカリ含有量は0.25～0.40%の範囲[76]であるといわれている．また奥山[77]('33) によれば，カツオ肉中のカリの量は，K_2Oとして乾物に対して1.910%である。筋肉の水分量を75%とすれば，このカツオ肉のカリ含量は 0.395 %となり，溶解しておるものとすれば，その濃度は0.526%となる。又0.1molのKCl溶液のカリ含量は約 0.391 %であるから魚肉中のカリの濃度は約 0.14 mol の KCl溶液に相当すると考えられる。

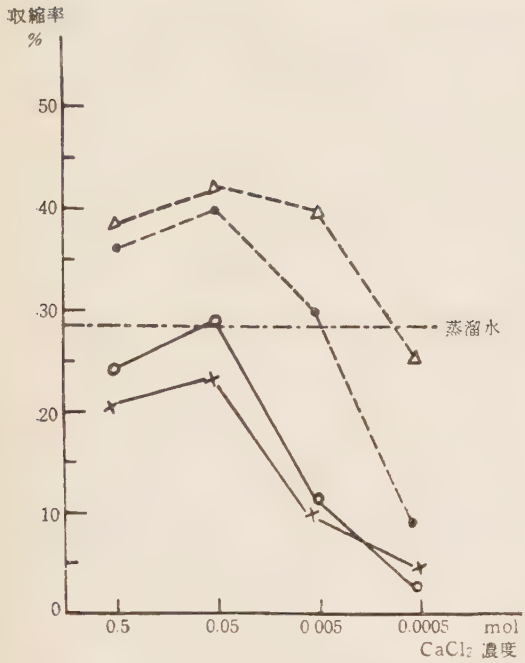
筋収縮におよぼす塩類の影響が 0.1mol 附近の 濃度を中心として変化することは，このような事実と密接な関係があることを示している。

第12表　塩化カリ及び塩化カルシウムの等量混合液（混合液中の濃度はこの半分となる）による筋収縮率の変化（断頭死直後のコイの背側筋，灌流時間10分，温度20°C，蒸溜水による筋収縮率＝28.1%）

KCl液 ＼ $CaCl_2$液	0.001 mol.	0.01 mol.	0.1 mol.	1.0 mol.
0.001 mol.	24.7%	39.9%	41.6%	37.3%
0.01 mol.	8.6	29,6	39.9	35.2
0.1 mol.	2.3	10.9	30.7	23.7
1.0 mol.	2.9	9.0	23.3	20.0

生筋の運動時にカリの結合解離が行われることは一般に認められておるが，灌流による筋収縮の場合にも，灌流によつて蛋白からカリの解離が行われるであろうと想像出来る。すなわちKCl またはNaCl 溶液で灌流する場合に，灌流液中の陽イオンの濃度が増加し，次第に筋肉中のカリイオンの濃度に近ずくほど筋肉の収縮率が小さくなるが，このことは灌流液中の陽イオンの濃度が蛋白中の カリイオンの濃度に近ずくほど，蛋白と結合しているカリイオンが解離され難くなり，従つて筋肉が収縮し難い機構となるからであろう。

また筋肉中のカリイオン濃度以上の濃厚溶液で灌流する場合に，陽イオンの種類による影響が弱まり，陰イオンの影響が現われることは，イオンの酵素作用に対する影響や蛋白変性の影響等も考えられるが，主とし



第18図　塩化カリ及びカルシウムの等量混合溶液によるコイ背側筋の収縮率の変化(潅流時間10分間，温度20°C)

△ 0.0005 mol.
● 0.005 mol.
○ 0.05 mol.
× 0.5 mol.
KCl 濃度

て陰イオンの吸着作用によつて，蛋白の水和の状態が異り，蛋白と結合しているカリイオンの解離が起るためであろう。

また死直後のコイ肉を $CaCl_2$ 溶液で処理すれば，筋肉中の △7P－P 量は速かに消失するが，$MgCl_2$ 溶液で処理すれば殆んど分解されないで筋肉中に残存する（第15表）。これは Myosin の ATP-ase 作用[50]は Ca^{++} で促進され，Mg^{++} で阻害されるという事実に一致する。すなわち筋収縮が $MgCl_2$ で阻害され，$CaCl_2$ で促進されるのは，恐らくこれらの事実に関連するものと考えられる。また Cu^{++} が稀薄な場合には殆んど影響がないが，1.0mol の場合に収縮率を幾分増大させたのは，真の収縮ではなく蛋白の凝固によるためであろう。

結局，これらの塩類の筋収縮におよぼす影響は，直接筋肉の収縮機構に関連するというよりも，むしろ肉蛋白に結合しているカリイオンの平衡状態に影響し，その結果酵素の作用を受ける難易に影響して，ATP-ase 等の酵素の作用力に影響し，その結果として2次的に筋収縮に影響するものであろう。

ii　肉蛋白の水和

塩類溶液で筋肉を潅流する場合には，当然筋肉中のカリイオンと，潅流液中の陽イオンとの間にイオン交換が行われ，蛋白には水和現象が起ることが前実験から想像される。事実潅流による筋収縮が行われる場合には，水和による膨潤現象が肉眼的にも観察され，また脱水は筋収縮を阻害するという前実験（第9表）の結果からも，筋収縮が行われる場合には水和（吸水）の現象が認められるのではないかと思われたので，これを確かめるため次の実験を行つた。すなわち各種濃度の NaCl 液及び1.0molの種々のカリ塩類溶液中に，断頭死直後のコイの背側筋を浸漬し，筋肉中の水分量の変化と膨潤量を調査した。

すなわち筋肉約5.0g を解剖鋏で細切し，15分間，温度20°Cの溶液25CC中に浸漬後，直ちに遠心分離機で15分間（毎分3.000回転）遠心分離したものから，常法により水分量を測定した。その結果は第13表及び第14表の如くである。また約5.0gの筋肉片を温度15°Cの25CC の溶液中に浸漬し，一定時間毎に取出して，軽く表面を濾紙で拭い，重量を測定し，その増加量を%で示したものを膨潤量とした。結果は第19図の通りであつた。

第13表　各濃度の NaCl 溶液中に，断頭死直後のコイ背側筋を浸漬した場合の吸水量の変化
(試料背側筋の水分量＝81.44%，浸漬時間は20°C，15分)

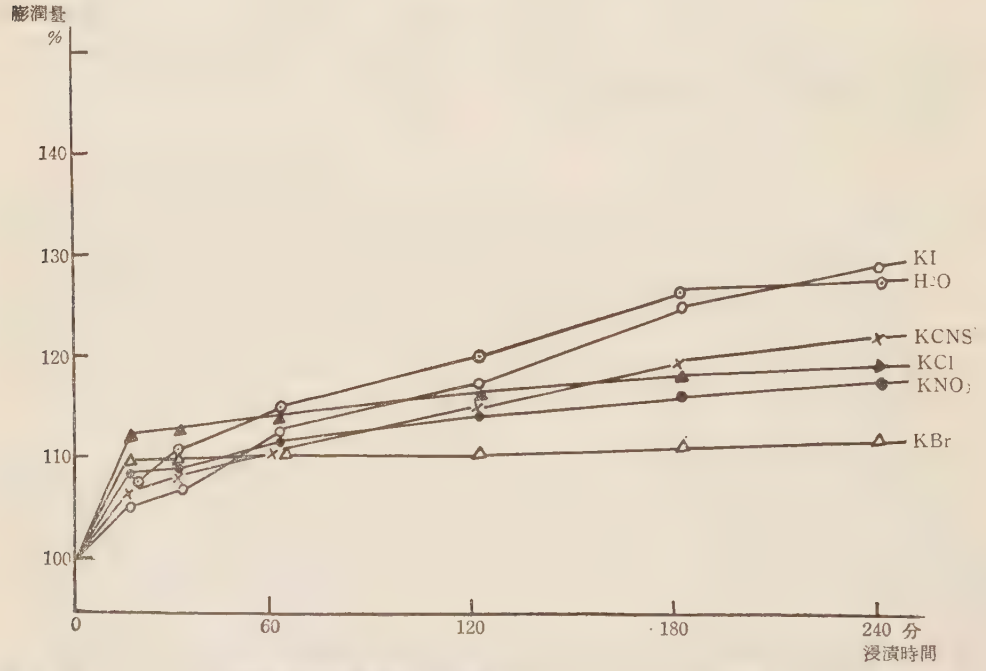
食塩濃度　mol	2.0	1.0	0.1	0.01	0.001	0.0001	蒸溜水
水分量　%	79.52	85.04	84.36	84.76	85.84	85.88	85.94

第13表から明らかなように，NaCl 液中に筋肉が浸漬された場合には，筋肉の吸水量は 0.1molの濃度で最も小さく，この濃度を離れるに従い吸水量は増加する。すなわち筋肉収縮率を最も阻害する濃度は，筋肉の吸水量を最小ならしめる濃度である。2.0molの濃度ではむしろ脱水が行われているが，これらは恐らく高濃度による塩析の影響が現れたためであろう。

第14表　1.0mol の種々の カリ塩溶液中に，断頭死直後のコイ背側筋を浸漬した場合の吸水量の変化
（試料背側筋の水分量＝83.41%　浸漬時間20°C，15分）

	蒸溜水	KI	KCNS	KBr	KNO_3	KCl
収縮率 %	22.63 23.91	0.77 0	2.90 2.50	5.54 6.33	5.67 6.38	8.75 8.45
水分量 %	85.66	82.83	83.53	83,56	84.09	84.57

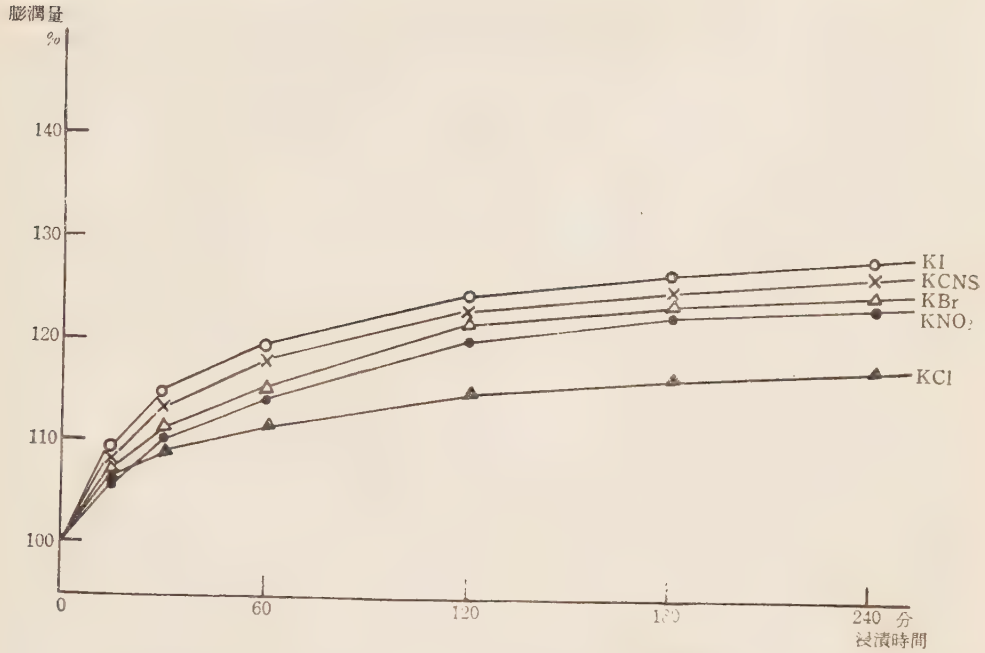
また筋肉が種々のカリ塩類溶液に浸漬された場合における，筋肉の吸水量は第14表から明らかなように，KCNS溶液で最も少く，KBr，KNO_3，KClの順に多くなり，KI 溶液ではむしろ幾分脱水の傾向を示している。すなわち筋肉の吸水を阻止する作用は $I' > CNS' > Br' > NO_3' > Cl'$ の順であつて，筋収縮を阻害する作用の強さの順位と全く同じである（第11表及び第17図参照）



第19-1図　1.0mol.のカリ塩溶液中に浸漬させた断頭死直後のコイ背側筋の膨潤量の時間的変化（15°C）

—○— KI 溶液　—▲— KCl 溶液　—△— KBr溶液
—×— KCNS溶液　—●— KNO_3溶液　—◉— 蒸溜水

また第19図は，1.0mol溶液の各種陰イオンがコイ背側筋の膨潤量に及ぼす影響を示すものであるが，これらの陰イオンは，死直後の筋肉を使用した場合には，浸漬時間によつて明らかに異つた影響を与えている



第19-2図　死後硬直完了後のコイの背側筋の膨潤量の時間的変化（15°C）

—○— KI　溶液　—×— KCNS溶液　—▲— KCl溶液

—●— KNO_3溶液　—△— KBr　溶液

ことを示している。すなわち死直後の筋肉では，その膨潤量の順位は，浸漬直後は$Cl' > Br' > NO_3' > CNS' > I'$の順であるが，時間の経過と共に変化し，潅流による筋収縮の現象が完了した浸漬後60分頃からは逆転して$I' > CNS' > Cl' > NO_3' > Br'$の順となり，全く反対の順列を示すようになる。一方死後硬直の完了した不鮮肉（20°C，24時間放置）では，初めから$I' > CNS' > Br' > NO_3' > Cl'$の順位を示している。

このように浸漬時間によつて膨潤の順位が逆転し，あるいは死後硬直前のものと硬直完了後のもので膨潤量の順位が全く異るのは，筋肉の潅流による収縮と関連して興味のある現象である。

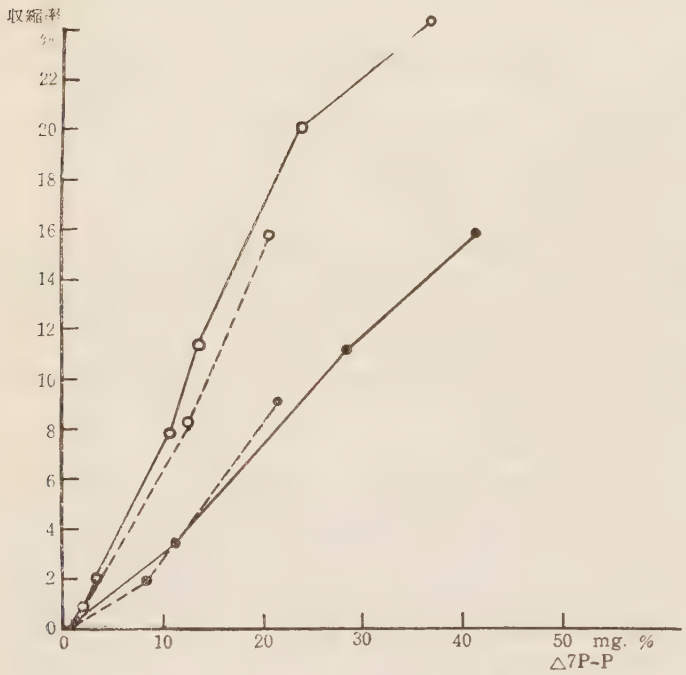
iii　Polyphosphate-P, Glycogen および-SH 基

潅流による筋肉の収縮率は魚体の各部位によつて異なり，収縮率の大なる部位の筋肉は△7P－Pの含量が多く，収縮率と△7P－P量との間には明らかな正の相関（第12図参照）が認められる。この事実から，同一部位の筋肉でも，△7P－P含量が異なれば筋収縮率もまた恐らく異なると予想し，これを確かめるために次の実験を行つた。すなわち筋肉中の△7P－P量は死後時間の経過に伴い次第に減少するから（第20表参照），断頭および苦悶死のコイおよびサバを死後一定温度に放置し，一定部位の筋肉について，一定時間経過毎に△7P-P含量と筋収縮率を測定した。結果は第20図に示す如くであつて，筋収縮と△7P-P含量との間には明らかに直接的な正の相関が認められる。これらの事実から，筋収縮のエネルギー源は恐らく Polyphosphate-P であると考えられる。よつてさらに次の実験を行つた。すなわち蒸溜水，0.1molの$CaCl_2$溶液および0.1molの$MgCl_2$溶液それぞれ20CC中に，断頭死直後のコイの背側筋2gを細切して浸漬し，20°Cに6分間放置後，△7P-P 量の定量を行つた。第15表にその結果を示した。

すなわち，筋肉内の△7P-P量は筋肉が CaCl 溶液に浸漬された場合には完全に消失し，MgC'_2溶液に浸漬された場合には殆んど変化がない。蒸溜水に浸漬された場合には，初めに存在した量の約25%が消失している。このことは，筋収縮が著しい場合ほど筋肉中の△7P-P が多量に減少し，筋収縮が行われない場合には全く減少しないことを示している。

第15表　塩化カルシウム及び塩化マグネシウム溶液に浸漬した場合における筋肉の Adenyl poly -phosphate（△7P－P）の減少（断頭死直後のコイの背側筋，浸漬時間　20°C，6分間）

			試　料	$CaCl_2$ 0.1mol液	蒸溜水	$MgCl_2$ 0.1mol液
筋	in-Organic-P	mg%	105.0	120.0	90.0	81.6
	7min-heat-P	mg%	136.0	120.0	111.6	113.3
肉	△7P-P	mg%	31.0	0	21.6	31.7
浸	in-Organic-P	mg%		11.7	20.7	11.7
漬	7min-heat-P	mg%		11.7	22.0	11.7
液	△7P-P	mg%		0	1.3	0
	in-Organic-P	mg%	105.0	131.7	110.7	93.9
	7min-geat-P	mg%	136.0	131.7	133.6	125.0
計	△7P-P	mg%	31.0	0	22.9	31.7
	消費された△7P-P	mg%		31.0	8.1	−0.7



第20図　灌流による筋肉の収縮率と△7P-P量との関係
（灌流時間20分間，20°C）

—●— サ　バ　断　頭　死
·●···· サ　バ　苦悶後断頭死　} 貯蔵温度20°C
—○— コ　イ　断　頭　死
·○····· コ　イ　苦悶後断頭死

次に，断頭死直後のコイの背側筋肉2gを蒸溜水20CC中に浸漬し，20°Cに放置し，一定時間毎に Glycogen，△7P-P および遊離 SH 基の含量を測定し，その結果を第16表に示した。遊離 SH 基の測定は森[37]（'49）等が行つた方法に準じて Ferricyanide法によつた。フエロシアンカリの標準液との比色には島津製光電比色計を使用し，フエロシアンカリのミリモルの濃度でその数値を示した。

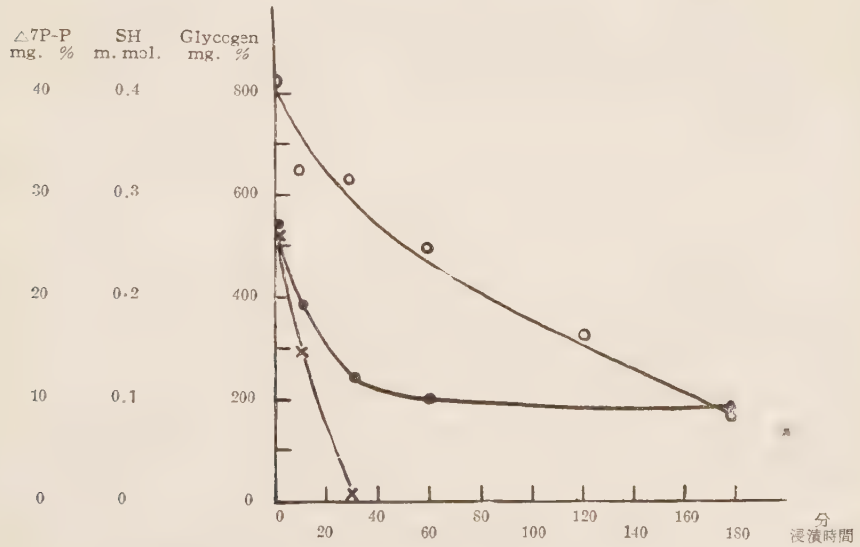
第16表を図示すれば第21図が得られる。この図から明らかなように，△7P-P，SH 基，Glycogen はいずれも時間の経過と共に減少し，その減少は初期に速やかである。これら三者を比較すれば，△7P-P が最も速やかに減少し，10分で40%以上30分では完全に消失する。次は SH基で，10分で約30%，30分で約55%減少し，その後は極めて徐々に減少を続け，180分後において約70%が減少する。Glycogen の減少は最も緩慢に行われ，30分後で僅かに約25%減少するに過ぎないが，その後は SH 基に比

して比較的速やかに減少し，60分で約40%，180分で約80%減少する。

また断頭死直後のコイの背側筋 2.0gを，蒸溜水及び 0.1molの $MgCl_2$溶液と $CaCl_2$溶液 2:CC 中に浸漬し，20°C に10分間保持した後，SH 基量を測定した。結果は第17表に示すようであつて，△7P-Pの減少（第15表）と同様の傾向を示し，筋収縮を阻害するような塩化マグネシウム溶液中では，筋肉の SH基の減少は小さく，筋収縮を促進する塩化カルシウム溶液中では減少が大きい。すなわち，以上述べた事実から，潅流による筋収縮は，潅流に際して，ATP等の高エネルギー燐酸化合物が分解して生ずるエネルギーによつて起きることは確実であると推定できる。又SH基が速やかに減少するのは，Actomyosinの形成によつてMyosinの遊離 SH 基が封鎖されるからであろうと思われる。収縮が完了し，△7P-Pが完全に消失した後における SH 基の減少が，極めて緩慢なこともこのことを裏付けるものではあるまいか。また Glycogen の減少が比較的緩慢に進行し，筋収縮の完了後も引続いて行われているので，解糖作用と筋収縮との間には，直接的の関係は存在しないものと考えられる。

第16表　蒸溜水に浸漬した場合の筋肉中の Glycogen 量，△7P-P量，遊離 SH 基量の時間的変化
（断頭死直後のコイの背側筋，浸漬温度　20°C）

浸漬時間 分	0	10	30	60	120	180
Glycogen mg%	840	660	635	500	320	175
△7P-P mg%	26.6	15.0	0	0	—	—
SH基m.mol	0.278	0.198	0.125	0.105	—	0.090



第21図　断頭死直後のコイの背側筋を蒸溜水に浸漬した場合の筋肉中の Glycogen 量，△7P-P量，遊離SH基量の時間的変化（温度20°C）

—○— Glycogen量
× ---- △7P-P量
—●— 遊離 SH 基量

第17表　断頭死直後のコイの背側筋を0.1molの塩化カルシウム及び塩化マグネシウム液中に浸漬した場合の遊離SH基量の変化（浸漬時間　20°C，10分）

	試　料	0.1mol $CaCl_2$液	蒸溜水	0.1mol $MgCl_2$液
−SH基 m.mol	0.28	0.09	0.17	0.27

第 3 節　考　　察

以上の実験から，灌流による筋収縮は脱水もしくは浸透圧の変化によつて生ずる現象ではなくて，ATP-ase 等の酵素作用により，Adenyl-polyphosphate や Creatine phosphate 等の高エネルギー燐酸化合物が分解され，その際に生ずるエネルギーによつて，蛋白が構造的に変化を来した結果の現象であることは明らかなようである。しかし生筋の収縮の場合とは異つて，解糖作用は進行してもその影響は極めて小さいと思われる。

結局，灌流による筋収縮は「新鮮な筋肉を蒸溜水又は他の溶液で灌流する場合に，筋肉中のMyosin 系蛋白とカリとの結合状態に変化を生じ，蛋白からカリが解離すると共に，蛋白は水和され，同時に Phosphatase が活動してATP等を分解し，Myosin は free のSH基を失い，Actomyosin となるために生ずる現象である」と考えられる。

勿論，この考え方は筋肉の収縮機構に関する説明として極めて不完分であり，多くの疑問や難点が存在すると思われる。しかし，灌流による筋収縮においては，死後硬直中に出現する筋肉の収縮や Geycogen の減少，Adenyl-polyphosphate の消失，free SH基の減少等を急速に進行完了させること等から考えて，死後硬直時には極めて長時間にわたつて徐々に進行するこのような現象が，灌流による場合に急速にかつ短時間に完了されるのであろうことは間違いがないように思われる。もしこの仮説が正しいものとすれば，灌流による筋収縮の現象は，死後硬直現象を急速かつ短時間に示すことが出来るので，灌流による筋肉の収縮率を測定して，死後硬直完了までの時間等を予測することが出来，死後硬直時の鮮度判定に応用することも可能であると思われる。

第 4 章　死後硬直期における鮮度判定法としての研究

第 1 節　魚肉の死後硬直現象における二三の観察

i　死後硬直時の肉眼的観察

新鮮な魚体の示す硬度は固い硬度ではなくて弾力性のある硬度である。田内[1]（'31）はこの弾力性のある硬度の変化を利用して，一種の鮮度計を試作し，死後硬直時の鮮度判定に応用した。しかし，この場合の硬度は魚種，魚型，鮮度計の圧し方等によつて，その数値が異るばかりでなく，断頭死の魚体あるいは切身等では測定し難い。

現在までの研究結果では，魚肉の死後硬直の進行状況を数値を以て具体的に表現し，比較する適切の方法は見当らないので，結局 Shlie[53]（'34）又は Cutting[54]（'39）等が記述しておるように，魚体全体の硬度等から肉眼的に判定するより方法がない。

死後硬直現象が筋肉の収縮によつて行われることは，Moran 及び Smith[78]（'29），Fletcher[79]（'13）等の観察ばかりでなく，死直後の魚体を3枚に卸した場合には，必ず骨付き肉は皮部の方に湾曲し，横に切断した場合には筋肉面が必ず背椎骨より短かくなることからも明らかである。よつて次の実験を行つた。すなわち断頭死のコイの背側筋肉片を，筋肉収縮量測定装置に挟み，8°C～15°Cの飽和湿度の空気中に放置して，死後時間の経過に伴う筋肉片の収縮状況を測定した。第18表に示すように明らかに時間の経過と共に筋肉の収縮率は変動する。この表から，断頭死のコイの背側筋は8°C～15°Cの気温では，死後3時間位から硬直が始まり，20時間で最大となり，25時間頃には既に解硬が始まつて，筋肉は再び伸張し始めていることが想像される。

第18表　空気中に放置したコイ背側筋の死後硬直期における収縮状況（気温　8～15°C，飽和湿度）

死後経過時間	0	2.5	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
気温 °C	8.0	12.0	12.0	13.0	13.0	13.0	14.0	15.0
筋肉の収縮率 %	0	※ −0.7	4.1	8.2	9.0	11.7	6.3	4.1

※−は伸長を示す

次に延髄刺殺のコイを3枚に身卸して，切身状に調理したもの，および魚体そのままのものを，大型シヤレーに入れて室温に放置した場合の，肉眼的観察結果を示せば次の通りである。すなわち死直後の筋肉は極めて透明で光沢があり，肉質は軟かいが弾力性のある軟かさを呈し，肉の粘着性は少い。しかし時間の経過と共に，筋肉は白濁して不透明となり，光沢が褪せ，硬くなつたような感触を与えて粘着性を増して来る。つづいて筋肉表面は一様に水滴を生じたような湿潤さを増し，肉質が軟弱となつて来る。このような傾向は魚体のまま放置した場合よりは，切身状で放置した場合の方が幾分早い。そしてこの湿潤性を感じた時には，既に解硬が始まつたものと思われる。

田内式鮮度計による調査結果は，魚体そのままの場合においては，死後硬直の進行と共に硬度が高くなる傾向が看取され，魚肉の死後硬直の進行状況を察することが出来るが，切身の状態で放置した場合には，その変化は殆んど認められず，死後硬直期を判定することが出来なかつた。この原因としては，丸のままの魚体では，魚肉は死後自由に収縮することが出来ないために弾力を生ずるが，切身または断頭死等の魚体では，死後硬直期における筋肉の収縮は比較的自由に行われるので，弾力性のある硬さを生じ難いためであると考えられる。すなわち田内式鮮度計のような，硬度の測定方法による死後硬直期の鮮度判定法は，切り身ある

いは断頭，その他魚体に調理を加えたものの場合には適用出来ず，死後硬直の判定は極めて困難であることがわかる。以上をまとめたものが第19表であつて，第18表に示した筋肉の収縮状況と良く一致している。

第19表　延髄刺殺を行つたコイの死後硬直時における肉眼観察の結果（放置温度10°C～15°C）

経過時間		0時間	5時間	10時間	20時間	24時間	30時間
丸のまま	外観	肉色透明	変化なし	不透明白濁	変化なし	僅に水分増加の感じ	初期腐敗の感じ
	硬さ	弾力のある軟さ	変化なし	硬直	硬直最高	僅に軟化	軟化
	田内式鮮度計による読み	26	29	29	31	29	26
切身状のもの	外観	肉色透明	変化なし	不透明白濁	不透明白濁肉質表面は湿潤性を増す	変化なし	初期腐敗の感じ
	硬さ	弾力のある軟さ	変化なし	僅に硬い感じ	変化なし	軟い	軟化
	田内式鮮度計による読み	21	21	21	21	21	21
※潅流による筋肉収縮率		24.9%	10.8%	8.5%	0%	0%	0%

※切身状にして放置した試料の収縮率を示す

また表に記載しなかつたが，苦悶死の魚体では，既に死直後において，魚体をある程度放置した場合と同じような不透明感と粘着性があり，肉質には弾力性が無く，軟いような感触を与える。そしてまたこのような魚体では，急速にその後の変化が進行し，しかも硬直時の硬さは小さく，明らかな死後硬直状態を認めないままに軟化するようなことがしばしば観察された。

ii　死後硬直時の化学変化特に筋肉のpH値，Glycogen 量，△7P-P 量および SH基量について

定置網で漁獲後一夜水槽内で休養させたマサバ，ならびに蓄養せるコイを試料に供し，次の実験を行つた。すなわち断頭死亡させた各魚種の背側筋を一定温度（20°C）の空気中に放置し，一定時間毎に，潅流による筋肉の収縮率，pH値，Glycogen 量，△7P-P量および SH基量を測定した。これらの測定はいずれもさきに記載したと全く同様の方法によつた。なお採捕後一定時間（マサバは10分，コイは30分）空気中に放置し，ある程度苦悶させた後断頭死させたものを，同時に試料に供し，死亡時における苦悶の影響の有無を観察した。得られた結果は第20表の如くである。これを図示したものが第22図である。

筋肉の pH値は時間の経過と共に低下し，肉眼的に死後硬直が最高と思われる時に最低を示し，サバでは5.6～5.7附近，コイでは6.3～6.4附近である。その後解硬に伴い pH値は上昇に転じる。また死後硬直の進行に伴い，筋肉の Glycogen，△7P-PおよびSH基の含量はいずれも次第に減少し，pH値の最低時期，すなわち死後硬直完了時期には△7P-Pは完全に消失する，またこの時期に達した筋肉は，潅流による筋収縮を全く起さない，遊離 SH 基の含量はpH値の上昇，すなわち解硬に伴い再び増加するが，この時期はpH値が上昇に転じる時期より幾分おくれるような傾向が見られる。Glycogen 量は解硬が開始されても更に減少し次第に消失する。以上は死直後の筋肉片が蒸溜水に浸漬された場合に起こす変化と全く同様であり，ただ反応時間，すなわち変化の経過時間に長短があるだけである。

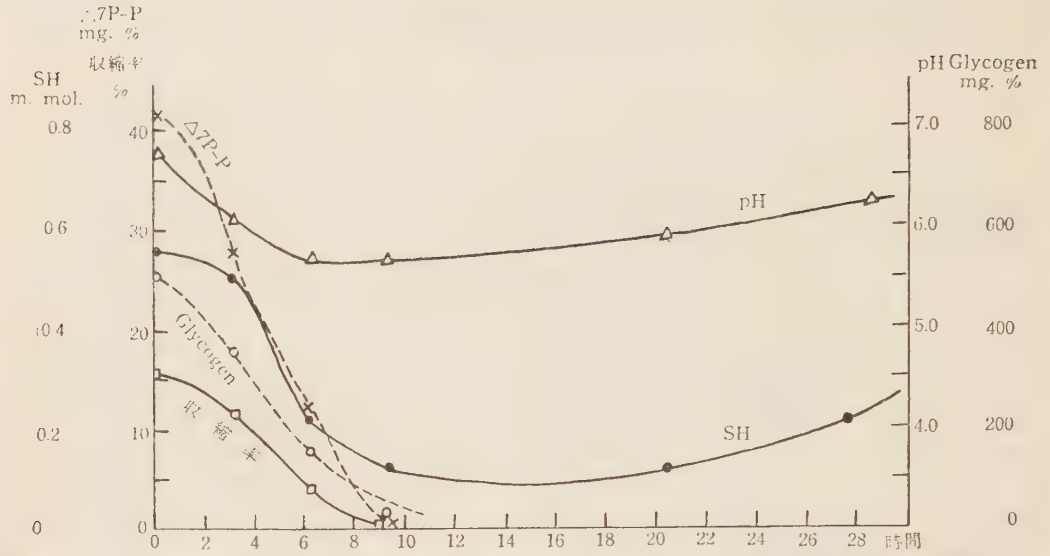
また死亡時における苦悶は死直後の筋肉のpH値，Glycogen 量，△7P-P量及び遊離SH基量に影響を与える　すなわち死亡時に苦悶した魚の筋肉pH値は低く，Glycogen 量，△7P-P量，SH 基量，収縮率等はいずれも少い。これは死亡の際，苦悶のため多量のエネルギーが消費されたからであり，従つてこれらの値は

苦悶の程度が甚しい場合程小さいと考えられる。また死亡時に激しく苦悶した魚，すなわちこれらの値の小さい魚は，苦悶の少い魚よりも死後硬直は短時間で完了し，従つて速やかに解硬に移ることが明らかに認められる。

第20表　死後硬直期における筋肉（背側筋）のpH値，Glycogen量，△7P-P量，遊離SH基量および潅流による筋収縮率の時間的変化（放置温度20°C）

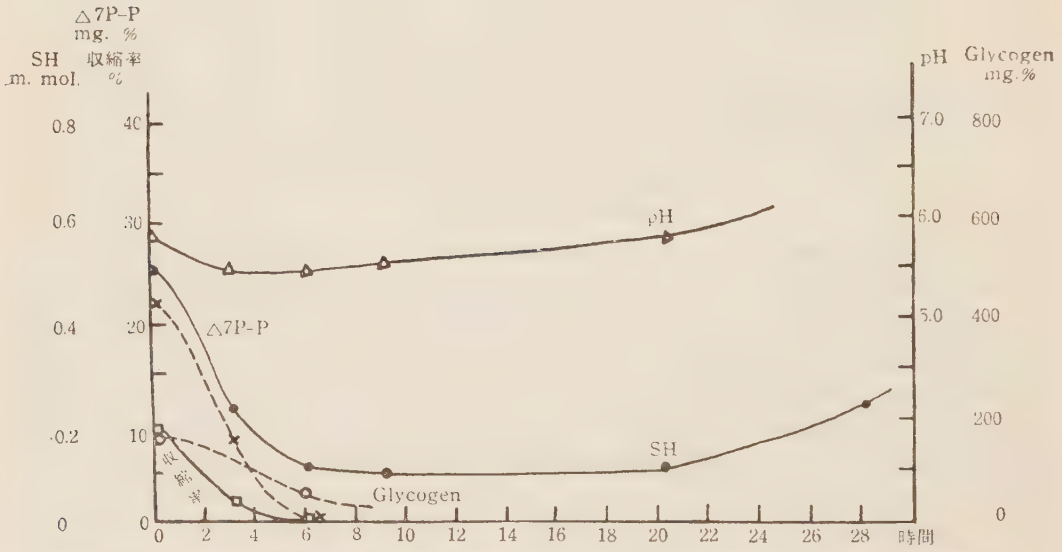
魚種	致死条件	経過時間	0	3	4	6	8	9	10	15	20	28
マサバ	断頭死	pH値	7.80	6.10	—	5.70	—	5.7	—	—	5.90	6.20
		△7P-P量 mg%	41.7	28.3	—	11.4	—	0	—	—	—	—
		Glycogen量mg%	510	350	—	148	—	16	—	—	—	—
		遊離SH基量m. mol	0.55	0.50	—	0.21	—	0.12	—	—	0.12	0.20
		収縮率 %	15.8	11.20	—	3.5	—	0	—	—	—	—
	苦悶後	pH値	5.90	5.55	—	5.55	—	5.60	—	—	5.70	—
		△7P-P量 mg%	22.0	8.3	—	0	—	—	—	—	—	—
		Glycogen量mg%	186	—	—	34	—	—	—	—	—	—
	断頭死	遊離SH値量m. mol	0.51	0.23	—	0.12	—	0.11	—	—	0.11	0.23
		収縮率 %	9.4	2.0	—	0	—	—	—	—	—	—
コイ	断頭死	pH値	6.85	—	6.60	—	6.50	—	6.45	6.35	6.35	6.60
		△7P-P量 mg%	36.9	—	26.5	—	14.2	—	10.8	4.0	0	—
		Glycogen量mg%	490	—	430	—	310	—	210	140	60	34
		遊離SH基量m. mol	0.33	—	0.28	—	0.20	—	0.14	0.11	0.11	0.16
		収縮率 %	24.5	—	19.2	—	11.5	—	7.5	2.0	0	—
	苦悶後	pH値	6.50	—	6.45	—	6.30	—	6.30	—	6.50	6.70
		△7P-P量 mg%	20.8	—	12.5	—	2.6	—	0	—	—	—
		Glycogen量mg%	310	—	210	—	60	—	34	—	34	—
	断頭死	遊離SH基量m. mol	0.28	—	0.21	—	0.12	—	0.10	—	0.12	0.18
		収縮率 %	15.8	—	8.2	—	0.6	—	0	—	—	—

上述のように，死亡時に激しく苦悶した魚ほどこれらの値が小さいことは明らかであるが，魚種が異なる場合には，外観上の苦悶の程度から，これらの値の減少の程度をそれぞれ比較することはできない。たとえばこの実験において，マサバの苦悶時間は10分，コイのそれは30分であり，マサバはコイより苦悶時間がはるかに少いにもかかわらず，苦悶によつてマサバは約64%の Glycogen を消費するが，コイは 36 %を消費するに過ぎない。また△ 7P-P 量も，同様に苦悶によつてマサバの方の消費量が大きい。すなわち苦悶時におけるエネルギーの消費量は，魚種によつて異ることは明らかである。恐らく回游性の魚族は，定着性の魚族よりも解糖作用が旺盛で，多量のエネルギーを消費するものと考えられる。



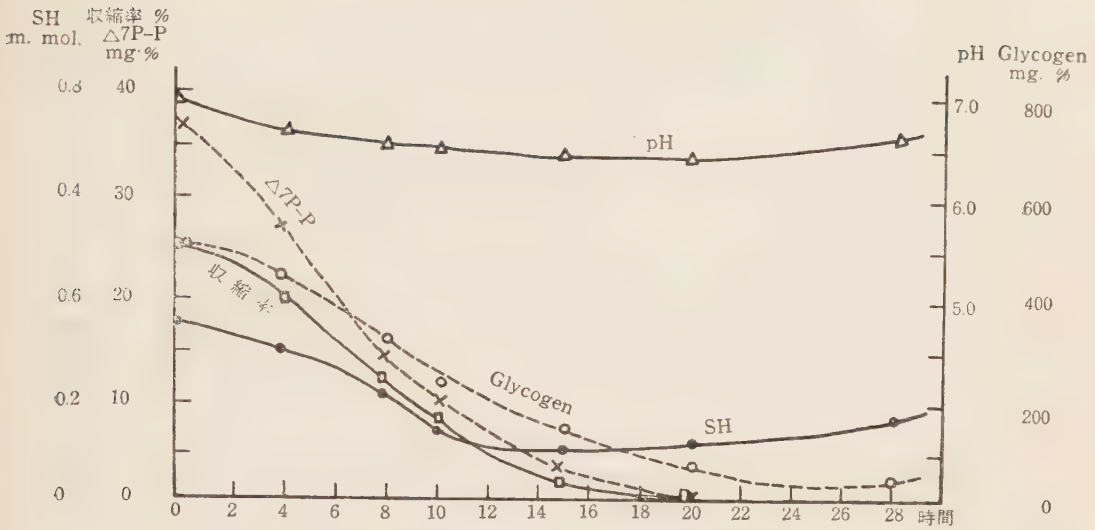
第22-1図　死後における筋肉のPH値，Glycogen量，△7P-P量，遊離SH基量，潅流による筋収縮率の時間的変化（マサバ，断頭死，気温20°Cに放置）

—△— pH 値　　—●— 遊離SH基量
—□— 筋収縮率　　×　△7P-P 量
—○— Glycogen 量



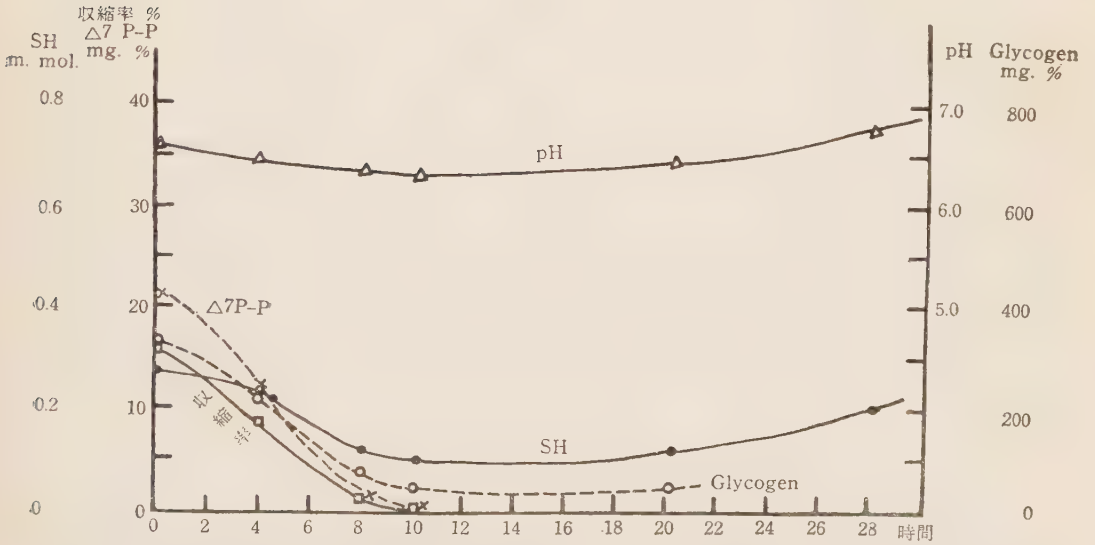
第22-2図　死後における筋肉のpH値等の時間的変化（マサバ，苦悶後断頭死，気温20°Cに放置）

—△— pH 値　　—●— 遊離SH基量
—□— 筋収縮率　　×　△7P-P 量
○　Glycogen 量



第22-3図　死後における筋肉pH値等の時間的変化（コイ，断頭死，気温20°Cに放置）

—△— pH 値　—●— 遊離SH基量
—□— 筋収縮率　----×---- △7P-P 量
○---- Glycogen 量



第22-4図　死後における筋肉pH値等の時間的変化（コイ，苦悶後断頭死，気温20°Cに放置）

—△— pH 値　—●— 遊離SH基量
—□— 筋収縮率　----×---- △7P-P 量
○---- Glycogen 量

iii 考　　察

魚肉は死後経過中，筋肉片を蒸溜水で灌流した場合と同様に， Glycogen や Adenyl polyphosphate (ATP-P)，遊離SH基等を減じて収縮し，死後硬直現象を起こすが，このような変化は死後ある時間経過した後に急速に進行し，後次第に緩慢に変化して完了する。そしてこのような死後硬直の進行速度は，魚種や致死条件によつてかなり異つている。このように死後硬直の速度に遅速が生じるのは，勿論漁獲方法や致死条件，あるいは魚種間の性格の差によるものではあるが，その原因は死亡時における筋肉内の ATP 量や Glycngen 量，及び筋肉のpH値の状態等その筋肉の解糖作用の差異によると思われる点が多い。

すなわち筋肉の死後硬直現象は，既に Erdös [32] ('43) やBate-Smith [33] ('47) が述べておるように，ATP の消費を伴う筋肉の収縮であり，また合成を伴わない一方的の解糖作用によつて筋肉が短縮した結果 [48]であるとすれば，死亡時のATP量や Glycogen量，およびその時の筋肉の pH 値等が，強くその後の硬直現象に影響を与えることは当然予想されることであつて，このことは著者の行つたサバ及びコイの実験結果においても，明らかに解察されている。すなわち，従来は〝サバの生きぐされ〟といわれる程に，サバの死後硬直は速かに経過し，極めて鮮度の低下しやすい魚種であるとされているが，コイは死後硬直期間が長く，かつ一般に鮮度の低下しにくい魚種の代表的なものであるといわれておつた。しかしサバのような鮮度の低下しやすい魚種であつても，極めて良好な状態でこれを殺すことによつて，その後の死後硬直期間は苦悶死のコイと変らず，またコイのような死後硬直期間の長い，かつ鮮度の低下しにくい魚種でも，死亡時の状態が悪ければ，サバと変りなく死後硬直期を経過している。このことは全く Cutting [54] の魚種の差，あるいは Ewart [51]のいう漁獲方法の差異によるものではなくて，天野 [20] 等が述べている漁獲時の苦悶による影響が強く出現し，この影響が魚種間の差異，あるいは漁獲方法の差異として現れたものであろう。

このことは漁獲から死に至る間の苦悶，運動の状態を，イワシ，サバ，カツオのような回游性魚族と，タイ，コイのような白色魚肉を有する定着性の魚族と比較すれば明らかで，一般に鮮度低下が早いといわれる魚種ほど，この場合の苦悶，運動が極めて激しい。しかもこのような激しい苦悶，運動を行う魚類の骨格筋中には，比較的多量の Glycogen 量が含有され，生活時の解糖作用もまた極めて盛んであることが予想されるので，死の際の骨格筋の pH 値は急激に低下する。一方漁獲時に激しい運動を行わない定着性の魚類は，骨格筋中の Glycogen 量も少く，また解糖作用も比較的遅いと考えられ，死の際の筋肉pH値は比較的高い [39]ことが多い。そしてこのことは，既に Bate-Smith [31] ('47) が獣肉の研究で述べておるように，筋肉のpH値が低下するとその後のATPの合成分解に重大な影響を与え，筋肉内のATPの無機燐酸への分解が促進されて，急速に死後硬直が進行するということと密接な関連があるようである。すなわち死に至る間に激しい苦悶，運動を行えば行うほど，その筋肉の pH値は低下し，またこのような運動の為に，ATP，C-P等が消費され，急速に硬直が進行し，鮮度低下が早いのであろう。勿論魚種により，生前及び死後の筋肉内の解糖作用の速度も異るので，死後における解糖作用の速度が死後硬直の遅速におよぼす影響も当然あるが，死亡時における苦悶，運動の結果に基く解糖作用の影響が，極めて大きく反映することは確実である。すなわち，死後硬直現象を遅延さしていわゆる〝生きの良さ〟を長期間保つためには，死直前の苦悶運動を少くして，筋肉内のATP量や Glycogen 量，筋肉pH値等を高い状態で保持させたままで，これを殺すことが肝要である。

第 2 節　死後硬直期における鮮度判定法としての試み

i　魚種および致死条件を異にした場合の試み

既に述べたように，灌流による筋収縮の現象は，数時間ないし数十時間を要する死後硬直現象を，僅か数分間ないし数十分間の短時間で表現するものであることは明らかである。それゆえ灌流による筋肉の収縮率を測定すれば，その魚の生前の状態，たとえば栄養の良，不良，あるいは死亡時における苦悶の有無等を推測することができるのみならず，また死後硬直完了までの時間をも予想することが可能であるように思われる。そこでマサバ，マダイ，クロダイ，ブリおよびコイを使用して，このようなことが可能であるか否かを確かめるための研究を行つた。

すなわち，断頭死を行つたほぼ同一体重の各魚体を大型シヤレーに入れ，20°Cの室温に放置し，一定時間毎に肉眼観察と同時に一定部位の背側筋を採り，潅流による筋肉収縮率を測定した。潅流には蒸溜水を用い，潅流時間は20分，温度は20°Cである。なおサバ及びコイについては苦悶後断頭死亡させたものをも併せ試料に供した。測定結果を第21表に示した。

第21表　断頭および苦悶死を行つた魚類を20°Cの空気中に放置した場合の潅流による筋収縮率の変化

魚種	死後経過時間	0	2	3	4	6	8	9	10	15	20
コイ	断頭死 %	24.7	21.5	—	19.1	17.6	14.7	—	11.4	5.1	0
	苦悶後断頭死 %	15.4	10.6	—	6.4	4.0	0.4	—	0		
マサバ	断頭死 %	15.8	—	11.2	—	3.5	—	0			
	苦悶後断頭死 %	9.4	—	2.0	—	0					
マダイ	断頭死 %	16.4	—	11.2	—	3.6	—	0			
クロダイ	断頭死 %	16.8	12.8	—	9.5	4.0	—	0			
ブリ(幼魚)	断頭死 %	9.5	—	—	5.0	0					

第23図　潅流による筋肉の収縮率と完全硬直までの時間との関係（温度20°C）

●—— コイ 断頭死　　△—— マダイ 断頭死
●---- コイ 苦悶後断頭死　　○—— クロダイ 断頭死
×—— マサバ 断頭死　　□—— ブリ(幼魚) 断頭死
×---- マサバ 苦悶後断頭死

この表から，筋肉収縮率とその筋肉が完全に硬直を完了するまでに要する時間との関係を図示すると，第23図のようにほぼ直線になる。マサバ，マダイ，クロダイ等に比較してコイは幾分傾斜が緩やかであるが，これはコイ肉のpH値が高く，解糖作用が遅いことに基くためではないかと考えられる。しかしいずれにしても，この筋肉収縮率と完全硬直に到るまでの時間との間には極めて密接な相関があり，コイの場合は $r = +0.95$，サバの場合は $r = +0.92$ を示した。収縮率（x）と完全硬直までの時間（y）との間には $y = ax$ の関係が存在する。第23図からコイの場合 $y = 0.84x$，マサバ，マダイ等の場合には $y = 0.57x$ が導かれる。

これによつて，第21表の収縮率から死後硬直完了までに要する時間を算出すると，第22表に示すようになり，実測値との差は最大2.9時間，平均0.7時間の範囲内である。

第22表　潅流による筋収縮率と完全硬直までの時間（魚体放置温度　20°C）

魚種	致死条件								
コイ	断頭死	収縮率 %	0	5.1	11.4	14.7	17.6	19.1	21.5	24.7
		完全硬直までの時間(時)	0	5.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
		y＝0.84x	0	4.3	9.6	12.3	14.8	16.0	18.1	20.7
		差	0	−0.7	−0.4	0.3	0.8	0	0.1	0.7
	苦悶後断頭死	収縮率 %	0	0.4	4.0	6.4	10.6	15.4		
		完全硬直までの時間(時)	0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0		
		y＝0.84x	0	0.3	3.4	5.4	8.9	12.9		
		差	0	−1.7	−0.6	−0.6	0.9	2.9		
マサバ	断頭死	収縮率 %	0	3.5	11.2	15.8				
		完全硬直までの時間(時)	0	3.0	6.0	9.0				
		y＝0.57x	0	2.0	6.4	9.0				
		差	0	−1.0	0.4	0				
	苦悶後断頭死	収縮率 %	0	2.3	9.4					
		完全硬直までの時間(時)	0	3.0	6.0					
		y＝0.57x	0	1.1	5.4					
		差	0	−1.9	−0.6					
マダイ	断頭死	収縮率 %	0	3.6	11.2	16.4				
		完全硬直までの時間(時)	0	3.0	6.0	9.0				
		y＝0.57x	0	2.1	6.4	9.3				
		差	0	−0.9	0.4	0.3				
クロダイ	断頭死	収縮率 %	0	4.0	9.5	12.8	16.8			
		完全硬直までの時間(時)	0	3.0	5.0	7.0	9.0			
		y＝0.57x	0	2.3	5.4	7.3	9.6			
		差	0	−0.7	0.4	0.3	0.6			
ブリ	断頭死	収縮率 %	0	5.0	9.5					
		完全硬直までの時間(時)	0	4.0	6.0					
		y＝0.57x	0	2.9	5.4					
		差	0	−1.1	−0.6					

これは限られた数種の魚について，しかも限られた条件の下で行われた実験であるから，この結果をそのまま直ちにすべての魚種に応用出来るか否かは疑問であるが，しかし従来予想が全く不可能であつた死後硬直完了時を，ある程度の誤差はあつても，この方法を応用することによつて，予測することが可能となつたことは確かである。

ii　放置温度を異にした場合の試み

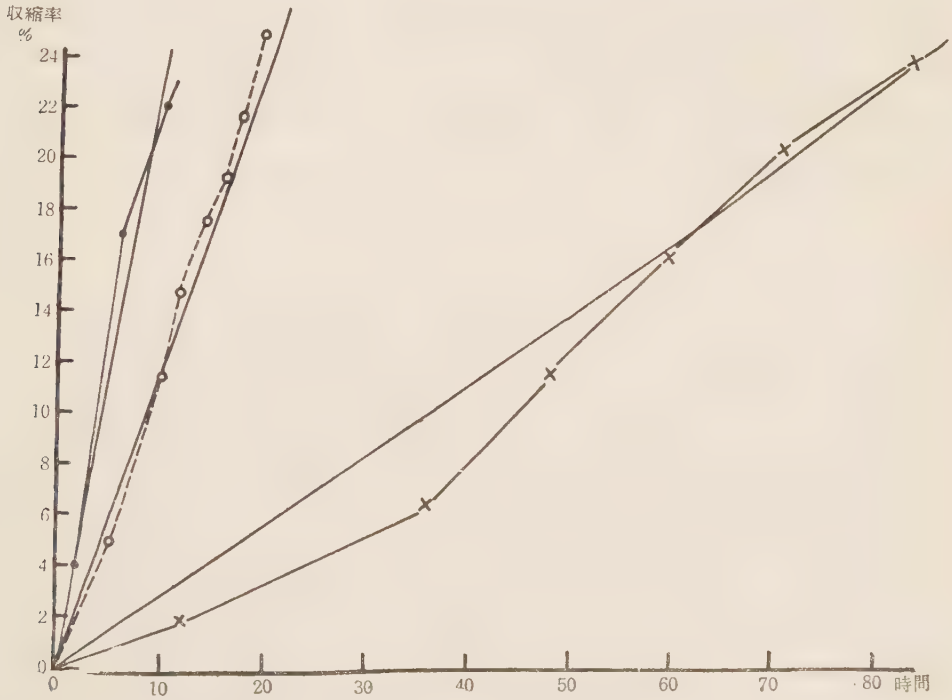
死後硬直現象は解糖作用等の酵素化学的変化によつて行われるものであり，魚が死後放置される際の環境温度に支配されることは既に明かにされている。この実験は主として潅流による筋肉収縮率の測定から，この事実を確かめようとしたものである。

すなわち，断頭死のコイを大型シヤレーに入れ，30°C，20°C 及び0°C の室温に貯蔵し，一定時間毎に一定部位の背筋肉を採り，潅流による筋肉収縮率を測定した。同時にATP-P量および SH基をもあわせ定量した。結果は第23表に示すようであつた。

第23表　貯蔵温度を異にした場合のコイ（断頭死）背側筋の灌流による収縮率及び △7P-P 量，遊離 SH 基量の変化

放置温度	死後経過時間（時）	0	2	4	6	8	10	12	15	20	24	36	48	72	84	96
30°C	S H 基 m.mol	0.3	—	0.2	—	0.2	0.2									
	△7P-P mg%	36.7	—	20.4	—	4.2	0									
	収 縮 率 %	22.0	—	17.0	—	3.8	0									
20°C	S H 基 m.mol	—	—	—	—											
	△7P-P mg%	40.0	33.2	—	20.0	—	10.3	—	6.3	0						
	収 縮 率 %	24.7	21.5	19.1	17,6	14.7	11.4	—	5.1	0						
0°C	S H 基 m.mol	0.4	—	—	—	—	—	0.2	—	—	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
	△7P-P mg%	40.4	—	—	—	—	—	24.8	—	—	16.8	12.6	7.0	2.5	0	
	収 縮 率 %	23.6	—	—	—	—	—	20.5	—	—	16.2	11.4	6.6	2.0	0	

すなわち，いずれの温度の場合においても，筋肉収縮率が零となる場合には△7P-P量も零となり，SH基数も最低を示した　この時が肉眼的観察結果による死後硬直の最高期に一致した　今筋肉収縮率と死後時間との関係を第23表から図示すると第24図が得られ，時間の経過と共に筋肉収縮率は殆んど直線的に減少することがわかる。



第24図　放置温度を異にした場合のコイ背側筋の収縮率と完全硬真までの時間との関係

—●— 放置温度 30°C　·· ○ · 放置温度 20°C

—×— 放置温度 0°C

今この図から速度恒数Kを求めると

30°Cの場合　　K＝2.50

20°Cの場合　　K＝1.21

0°Cの場合　　K＝0.28

となり，温度係数Q_{10}＝2.07である。

iii 考　　察

潅流による筋肉の収縮現象は，長時間に徐々に進行する死後硬直現象を，急速に進行完了させるものであり，死後硬直現象と潅流による筋収縮現象との間には，密接な関係があることが明らかにされ，潅流による筋収縮率から，死後硬直の進行状態はもちろん，さらに硬直完了時間をも推定することができることが確かめられた。さらにまた，死後時間および貯蔵温度が明らかな場合には，筋収縮率の測定によつて，魚の生前の状態をある程度知ることができることが確かめられた。たとえばコイの場合，潅流による筋肉収縮率が10%であるとすれば，死後硬直完了までの時間は$x=0.84y$の式から，20°Cでは約8.4時間，10°Cでは温度係数2.1を乗じて約17.6時間であると予測することが出来る。またさらにこのコイが，温度20°Cで死後5時間経過のものであるとすれば，死後硬直完了までの全時間は5＋8.4＝13.4時間であり，死直後の筋肉収縮率は上式から約16%となり（正常のものの背側筋の収縮率は20～30%であるから），このコイは相当苦悶させた後殺したものか，あるいは生前栄養状態の悪かつたものということが想像出来る。

従来，このような魚体の致死条件の判定，あるいは死後硬直完了までの時間の予想等は，長年の経験によらねばならず，また数値的にこれを示すことは出来なかつた。しかし著者の研究によつて，極めて簡易に，極めて短時間に，切身状の筋肉あるいは調理された魚体の場合でも，容易にこれを数値的に予測することが可能となつた。しかしこの方法では，死後硬直完了後の鮮度を測定することは出来ない欠点がある。もし硬直完了後の，解硬時から初期腐敗までの鮮度判定を行う場合には，遊離のSH基の測定が最も効果的であるように思われる。この数値は著者の実験結果からも明らかなように，死後硬直の進行と共に減少し，硬直完了時に最小となり，解硬により再び増加する。従つてこの変化からも鮮度判定を行うことが出来るように思われる。

第 5 章　致死条件および死後の取扱いが死後硬直におよぼす影響

第 1 節　致死条件の死後硬直におよぼす影響

魚の殺し方が魚肉の死後硬直状態に極めて甚しい影響をおよぼし，従つて魚肉の鮮度保持は魚を殺す方法によつて支配されるといわれている。たとえば天野[20]（'53）等がソウダカツオについて研究した結果によれば，鮮度保持上延髄刺が最も良好で，次に断頭，苦悶（自然死）の各致死条件の順であると。しかし，このような影響は既に前章で述べた如く，単なる致死条件の差異によるのでなくて，死の直前における魚の激しい運動，あるいは苦悶による筋肉の激しい収縮，痙攣等によるのであると思われる。このことは次の実例から明らかに示される。

すなわち，漁獲までに激しい運動を行い，漁獲後は速やかに自然死亡するような場合には，殺し方の差異による影響は極めて小さい。著者が佐渡水津の定置網で漁獲されたソウダガツオについて，肉眼的観察を行つた結果を第24表に示した。すなわち延髄刺と自然死亡との間には，殆んどその差異を見ることが出来ない。

第24表　定置網で漁獲したソウダガツオ筋肉の死後における肉眼観察結果（気温5°～12°C）

死後時間 / 致死条件	0 時間	30 分	2 時間	6 時間	12 時間	16 時間
自然死亡	肉色僅に不透明	硬直開始肉色変化なし	硬直進む	硬直最高	解硬の傾向あり肉色不透明，僅に軟化の傾向	解硬肉色不透明軟化
延髄刺	肉色透明	硬直開始肉色僅かに不透明	硬直進む	硬直最高自然死と差異なし	解硬の傾向あり自然死と差異なし	自然死と差異なし

しかし，釣りサバの場合においては，漁獲後直ちに延髄刺を行つたものとそのまま放置して苦悶死（自然死亡）させたものとの間には，第25表に示すように明らかに相違が認められる。

すなわち，漁獲に長時間を要しない一本釣り漁法の場合は勿論のこと，定置網漁法等においても，漁獲時に激しい運動を行わず，しかも漁獲後船上で比較的長時間生存しているタイ，ヒラメのような定着性魚族の場合には，漁獲後直ちに延髄刺することは鮮度保持の上から極めて効果的である。しかし，底曳，刺網または延縄の各漁法のように，漁獲時に魚体が極めて激しい苦悶運動を行い，漁獲の際既に死亡しておるか，あるいは漁獲後直ちに自然死亡するような漁法や，あるいは定置網等において，も漁獲の際激しい運動を行つて漁獲後速やかに自然死亡するカツオ，サバのような回游性魚族の場合には，漁獲後における致死条件の差はあまり大きな影響を与えないように思われる。

延髄刺は，一般に業者のいういわゆるミシメに相当する方法であるが，天野[20]（'53）はその効果は断頭死よりはるかに効果的であるとした。しかし，著者の行つた延髄刺後直ちに断頭した場合には，断頭死の場合との間にその差を見ることは出来なかつた。延髄は魚類の運動中枢神経に当るので，この部分を完全に破壊する時には，魚体は僅かに痙攣を起して，そのまま苦悶運動を行わずに静止している。しかし，未だその心臓は運動を継続し，血流は停止しないから，断頭死の場合よりは呼吸は行われないが長時間生存しておるともいえる。著者の実験によれば，第26表に示すようにコイの場合 20°C 内外の気温では，なお 3 時間以上心臓が鼓動しているのが見られた。

第25表　ハネ釣りで漁獲したサバの死後における観察結果

致死条件	死後の処理	魚体温度	死後経過時間	肉眼観察結果 体色	死後硬直状況	肉色	鮮度	順位	筋肉pH値	灌流による筋収縮 %	△7P-P量 mg%	Glycogen量 mg%
自然放置死（苦悶死）	空気中に放置	14.0°C〜18.0°C	9時間	鮮明	軟化進む	白濁不透明，肉離れ，鮮食不能	不良	6	5.98	0	0	60.0
延髄刺（直殺死）				〃	硬直進行中	肉色透明鮮食可能	良好	2	5.77	12.0	10.9	—
自然放置死（苦悶死）	砕氷使用	5.0°C〜7.0°C		白濁不透明	軟化の傾向	僅に不透明白濁，鮮食可能	やや良好	5	5.94	0	0	20.0
延髄刺（直殺死）				〃	〃	〃	〃	3	5.94	0	0	22.6
自然放置死（苦悶死）	防水セロファンに包み水氷り中に浸漬	2.0°C〜7.0°C	14時間	鮮明	硬直進行中	僅に不透明鮮食可能	〃	4	5.93	1.6	5.0	65.0
延髄刺（直殺死）				〃	〃	鮮紅色透明鮮食可能	極めて良好	1	5.90	12.7	11.6	135.0
自然放置死（苦悶死）	水氷り（海水使用）中に浸漬	7.0°C		僅に白濁	硬直最高	僅に不透明鮮食可能	やや良好	4	6.00	0	0	55.0
延髄刺（直殺死）				〃	〃	〃	〃	3	5.92	0	5.8	60.0

備考　砕氷使用のものは最後の3時間程水浸漬の形となる。試料は7月24日24.00時〜24時40分の間に漁獲したものである。

第26表　延髄刺と断頭処理のコイの死後変化におよぼす影響（温度 20°C）

致死条件	死後経過時間 / 心臓の鼓動経続時間	3時間30分 収縮率 %	3時間30分 △7P-P量 mg%	10時間 収縮率 %	10時間 △7P-P量 mg%	20時間 収縮率 %	20時間 △7P-P量 mg%
延髄刺	3時間20分	22.0	34.3	7.0	9.4	2.0	4.2
延髄刺後断頭	※1時間50分	18.9	28.5	3.5	6.7	0	0
断頭	※2時間16分	19.5	29.7	4.2	6.7	0	0

※　心臓は鼓動しているが断頭のために血液の流通は行われておらない。

すなわち，著者の実験で延髄刺と断頭死の間にその差が見られなかつたことは，延髄刺後直ちに断頭を行つた為であつて，実際の場合においては断頭死に比較して延髄刺は血液の循環が行われておるので，その間は死後硬直移行への期間の延長が可能であるわけである　勿論自然放置による苦悶死の場合でも，ある期間心臓は鼓動し，血液の循環が行われて生存しておるのであるが，この場合には延髄刺の場合と異つて，窒息および苦悶の為に筋肉は甚しい痙攣や運動を繰返えすが，充分な呼吸作用を伴わないので，筋肉内のATP，Glycogen 等は一方的に急速に分解消費され，死亡時の筋肉の ATP量やpH値等は甚しく低下し，そのまま急速に死後硬直に移行完了するものであろう。

さらに延髄刺は断頭死の場合と比較して魚体に大きな損傷を与えず，死後の魚体の体色を極めて鮮麗とする効果がある　この理由は，魚体の体色をつかさどる色素神経の中枢が延髄の附近に存在するので，延髄刺

の際同時にこの中枢も刺戟されて，体色が鮮麗となるためであろうといわれている。

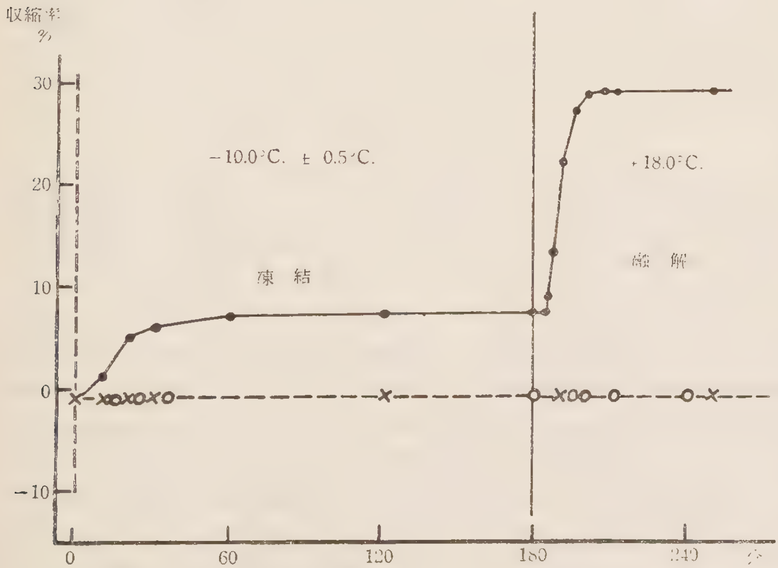
第 2 節　死後の取扱いの影響に関する研究

i　貯蔵温度の影響について

魚は凍結温度以下の低温度で貯蔵される場合が極めて多い。死後硬直と貯蔵温度との関係は，特に凍結温度以上の場合については，既に述べた前章の実験から明らかであるが，凍結温度以下の場合についてはまだ充分明らかにされていない。これに関連する二三の研究は次の如くである。

極めて新鮮な死後硬直前の鯨肉を凍結し解凍する場合には，いわゆる解凍硬直の現象を起して，多量のドリップを流出し，筋肉は収縮し，ATP及びSH基の減少等が見られるが，死後硬直後の鯨肉を凍結した場合には，このような現象が見られないことを天野[81]（'52）等は報告し，また凍結によつて解糖作用が促進され，乳酸の生成量が増加することを，カエル筋について竹下[82]（'52）等が報告している。また魚肉蛋白は－2.0°C附近で貯蔵される場合には，0°Cの場合よりも強い変性を受けることが清水[83]（'52），Reay[84]（'33）等によつて報告されている。天野は死後硬直前に凍結された鯨肉を融解させた場合に生ずる解凍硬直の現象は，凍結によつて中断された死後硬直現象が，解凍によつて再び進行し，死後硬直現象が再現されるのではないかと考えた。また竹下は凍結による解糖作用の促進を，部分的凍結によつて，未凍結の組織液が濃厚となり，筋肉中の無機イオンが過剰となつて，解糖作用が促進されるのではないかと考え，清水は未凍結の組織中の塩濃度が濃厚となり，その為に蛋白の変性が行われるのではないかと述べている。

しかし，著者はさきに述べた実験結果から次のように考えた。すなわち凍結による解糖作用の促進は，筋肉が凍結される場合には未凍結の体組織液中の無機イオンが過剰となるが，このようになつた場合には，先きに第3章第2節の項で述べた0.1mol以上の濃厚塩類溶液中に筋肉が浸漬されたのと同様な結果となり，未凍結の筋肉は濃厚塩類溶液による筋収縮の現象を生じ，筋肉は収縮して，ATP，Glycogen 等は分解し，解糖作用が急速に進行するのであろう。また融解の際に見られる解凍硬直の現象は，筋肉内の氷結晶が融解して体組織液は希薄となり，0.1mol濃度以下の希薄塩類溶液中に筋肉が浸漬された場合と同様の機構によつて生ずるのではなかろうか。そこでこのことを確めるために，断頭死のコイの背側筋を試料に用い，死直後そのままの筋肉，一旦水に浸漬した後の筋肉，および死後硬直完了後の筋肉について，次のような実験を行つた。



第25図　凍結および融解によるコイ背側筋の収縮
——●——　死直後の筋肉　　-----○---　解硬後の筋肉
×-----　水浸漬後の筋肉

すなわち，厚さ1.0mm，巾5.0mm，長さ20.0mm内外の大きさの筋肉片を，筋肉収縮量測定装置に固定し，これを－10°C，±0.5°Cの室内に3時間放置して，自然に凍結させた後，18°Cの室内に移し，空気中で融解させ，その間における筋肉の収縮率の変動を調べた。その結果を第25図に示した。また死直後そのままの筋肉，および一旦水に浸漬した筋肉について，凍結前後および融解後における△7P-P量および

Glycogen 量を測定したので，その結果を第27表に掲げた。

第27表　凍結および融解による筋肉中の△7P-P量および Glycogen 量の変化

		Adenyl-poly-Phosphate (△7P-P) 量		Glycogen 量	
		mg%	%	mg%	%
試　料	(1)	36.7	100	445.0	100
試　料	(2)	12.6	34.3	—	—
凍結後	試料 (1)	19.2	52.3	90.8	21.4
	試料 (2)	9.4	25.6	73.7	17.4
融解後	試料 (1)	0	0	45.2	10.7
	試料 (2)	4.2	11.4	73.7	17.4

試料(1)…断頭死直後のコイの背側筋，試料(2)…試料(1)と同じものを蒸溜水中に10分間浸漬したもの，凍結…−10°Cに3時間放置，融解…18°Cで1時間放置

すなわち死直後そのままの筋肉は，明らかに凍結によつてある程度収縮し，融解によつてさらに著しく収縮するが，一旦水に浸漬して〝洗い〟の現象を生じさせた筋肉，あるいは解硬後の筋肉は，凍結によつても融解によつても収縮しない。また第27表から明らかなように，死直後のそのままの筋肉では，凍結および融解によつて ATP は多量に減少するが，一旦水に浸漬した筋肉では凍結および融解によつて減少する量は少く，筋肉中に比較的多量に残存する。また死直後そのままの筋肉では，融解の際に減少する ATP 量と凍結の際に減少する ATP 量の間には大きな差はないが，筋収縮量は異り，融解の際には凍結の際の約3倍収縮する。凍結の際には筋肉の収縮が行われると共に，一方では氷結晶の生成等による膨脹も行われるはずであり，この両者の差，すなわち見かけの収縮が凍結の際の筋肉収縮率として示される。同様に，融解の際には氷結による膨脹も消滅するので，融解後に起る収縮のほかに氷結の際に起つた収縮が加算され，これが融解後の収縮率として示されるのであつて，実際の筋収縮は，凍結の際も融解の際もあまり大きな差はないのではなかろうか。

またこの実験から明らかなことは，解糖作用が極めて単時間の間に，単に凍結および融解という処置を施しただけで進行し，死後硬直が殆んど完了することである。凍結温度以上では温度が高いほど死後硬直は速かに完了するのであるが，いずれにしても完了までには相当の時間を要することは前章で述べた通りである。しかし，この現象の起る原因についてはまだ明らかにされていない。天野(85) ('55) 等は凍結，融解の工程によつて，Glycogen 分解酵素の作用が増大せしめられるという事実は認め得られないと報告している。恐らくこのような酵素作用は，単なる凍結或は融解の操作によつて促進されるのではなくて，凍結，融解が行われたために起る筋収縮等の環境の変化に基いて促進されるのであろうと考えられる。すなわち，著者がさきに述べたように，凍結によつて筋肉は 0.1mol 以上の濃度の塩類溶液で灌流されたと同様の状態となり，さらにまた融解によつて0.1mol以下の塩類溶液で灌流されたと同様の状態となるからであろう。

凍結の目的が筋肉を死直後のままで長時間保存し，融解してこれを旧の状態に復することであるとすれば，凍結および融解によつて，死後硬直の現象が急速にかつ短時間の間に進行完了すること，すなわち凍結硬直および解凍硬直の現象が生ずることに対して，甚大な関心を払う必要があるように思われる。

ii　水漬けの影響

水中に浸漬貯蔵された魚は，空気中にそのまま貯蔵されたものよりも速やかに腐敗し，あるいは氷蔵され

た魚は同温度で冷蔵されたものよりも品傷みが多く，かつ早く腐敗することは日常良く経験するところである。また，著者がさきに記した第25表からも，ある程度この事実はうかがわれる。すなわち，死後空気中に放置された魚体，および耐水性包装紙で被覆後水氷り中に貯蔵された魚体では，殺し方の影響が明らかに認められるが，水に接触貯蔵された砕氷または水氷り浸漬の魚体では，殺し方の影響が殆んど見られない。また同温度では水漬けされた魚体において，かなり早く鮮度が低下することが見られる。

従来，この理由については，このような条件下における腐敗細菌の繁殖の難易によるためであると考えられている。また，一般に鳥獣肉あるいは魚肉等を調理する場合に，これらの肉を水で洗滌したり，あるいは水を附着させることは，調理人の間では甚しく禁忌されておるが，この禁忌する理由も殆んど説明されておらない。著者は既に述べた潅流による筋収縮の研究結果から，筋肉が水に浸漬されれば，直ちにその部分に"洗い"の現象，すなわち潅流による筋収縮の現象を生じ，空気中では数時間乃至数十時間を要して徐々に進行する死後硬直現象が急速に進行完了するので，従つて鮮度低下も早くなるのであると考えた。

そこで，この事実を確めるために以下の実験を行つた。先ず魚体を水中に浸漬した場合，果して外囲の水分が皮膚を通過して内部肉質にまで浸透するか否かを確かめた。

延髄刺殺のコイを蒸溜水および0.1molのNaCl溶液中（20°C）に浸漬し，時間の経過に伴う体重の増加を測定した。結果は第28表に示すようであつた。

第28表　水浸漬による魚体重量の増加（液温20°C，試料は延髄刺のコイ）

	No.	浸漬時間(時) / 試料魚の体重 g	0.5	1.0	1.5	2.0	4.0	6.0	8.0	12.0	23.0	29.0	45.0
			体重増加率（%）										
蒸溜水中に浸漬	1	20.13	1.2	2.1	2.3	3.4	4.0	5.0	5.4	6.5	7.5	7.9	8.6
	2	16.80	—	—	—	2.8	3.4	4.1	4.1	5.5	6.3	7.0	7.3
	3	13.60	0.3	2.4	2.4	3.5	3.5	4.1	5.4	6.0	6.8	5.3	4.9
	4	12.25	—	—	—	2.6	3.3	4.4	4.5	6.3	8.1	7.2	7.9
	5	11.00	1.2	2.0	2.6	2.5	3.9	4.9	5.7	7.2	8.1	6.6	7.6
	平均	14.76	0.9	2.2	2.4	2.9	3.6	4.5	5.0	6.3	7.3	6.8	7.2
0.1mol. NaCl 溶液中に浸漬	6	24.63	—	0.9	—	1.0	0.9	0.9	0.8	1.2	0.7	0.9	1.7
	7	12.60	—	0.8	—	1.1	0.8	1.7	1.6	1.0	1.3	1.8	4.0
	8	13.75	—	1.0	—	0.7	1.0	2.0	1.3	1.5	2.3	2.8	3.2
	9	14.18	—	0.7	—	1.3	0.6	1.6	1.2	2.1	2.1	2.1	3.6
	10	13.07	—	1.0	—	1.4	1.1	2.0	2.6	3.0	3.1	3.5	5.5
	平均	15.65	—	0.9	—	1.1	1.0	1.6	1.5	1.7	1.9	2.2	3.6

第28表から明らかなように，体重は増加するが，その増加は最初の2時間位の間に急激に，その後硬直の進行とともに徐々に増加して，重量増加は最高6～8%に達する。また0.1mol濃度の食塩液に浸漬した場合には，重量の増加はるかに小さく，硬直の程度も比較的に小さい。勿論この場合の重量増加は，筋肉中に水分量が浸透した為の増加ばかりでは無く，内臓等への水分の浸透もある。

つぎに，延髄刺殺のコイを空気中および水中に放置して20°Cに保ち，一定時間毎に筋肉の水分量，pH値，△7P-P量，SH基量，潅流による筋肉の収縮率，揮発性塩基窒素量を測定した。揮発性塩基窒素の定量はConway の微量拡散法によつた。結果は第29表に示すようであつた。

死後硬直は潅流による筋収縮率，△7P-P量，pH値，SH基量の変化等から，水中放置の場合には1.時間後，空気中放置の場合には20時間後に完了し，両者の間には約10時間以上の差のあることが認められるが，

死後硬直完了後のpH値，SH基量および揮発性塩基窒素量等の変化は，予想に反して死後硬直完了の遅速の影響が殆んど見られない　しかし，30時間経過した頃からは水浸漬の方が速かに腐敗し，肉眼的にも肉質の変化が甚しいように見られた。また水中に放置した魚の場合では腐敗開始の頃に体重は減少しているにもかかわらず，筋肉の水分含量は増加している。これは腐敗によつて魚肉成分が溶出したためと思われる。

第29表　鮮度保持におよぼす水浸漬の影響（試料　延髄刺を施した体重300g内外のコイ）
水浸漬　温度20°Cの水道水中に魚体を浸漬し，一定時間毎に一尾宛取り出して分析に供す。
空気中　温度20°Cの恒温器中に放置，一尾毎にシヤーレー中に入れ魚体の乾燥を防ぐ

経過時間（時間）		0	3	6	10	20	30	48	72	備考
水浸漬	魚体硬度	41	42	42	60	60	55	43	23	出内式鮮度計の読み
	魚体重量の変化%	100.0	102.0	104.0	103.5	104.4	102.9	98.5	—	
	水分量　%	79.88	81.44	81.36	80.96	80.56	81.25	84.00	83.95	
	潅流による収縮率%	25.0	22.0	14.0	0	0	0	0	0	
	pH値	6.99	6.83	6.55	6.50	6.60	6.67	6.57	7.05	
	△7P-P量 mg%	36.6	22.5	18.3	0	—	—	—	—	
	−SH基 m.mol	0.300	0.200	0.185	0.084	0.073	0.073	0.124	0.280	
	揮発性塩基窒素量 mg%	6.88	9.27	9.60	8.61	7.25	7.25	30.73	103.90	
	肉眼観察		硬直開始の傾向見ゆ		硬直完了		軟化，内蔵の腐敗臭	軟化，腐敗臭甚し		
空気中	魚体硬度	42		45	52	60	55	57	40	出内式鮮度計の読み
	潅流による収縮率%	27.0		22.4	11.4	1.0	0	0	0	
	pH値	7.10		7.05	6.81	6.78	6.50	6.60	6.75	
	△7P-P量 mg%	34.9		20.0	12.8	2.0	0	0	0	
	−SH基 m.mol	0.335		0.210	0.178	0.078	0.078	0.108	0.180	
	揮発性塩基窒素量 mg%	8.15		6.87	8.94	9.26	10.57	22.26	75.73	
	肉眼観察		心臓の鼓動停止	硬直開始の傾向		硬直完了に近づく		内蔵の腐敗臭甚し，肉質は良好		

なおこの実験では，肉眼観察の結果から内臓腐敗の影響が強いように見られたので，更に筋肉のみについての実験を行つた。すなわち断頭死のコイの筋肉約2gを秤量壜中にそのまま入れて密栓したもの，および蒸溜水 10CC と共に入れて密栓したものを25°C の恒温器内に放置し，随時取り出して，それぞれ△7P-P量，−SH 基，揮発性塩基窒素量を測定した。結果は第30表，第26図に示す通りであつた。

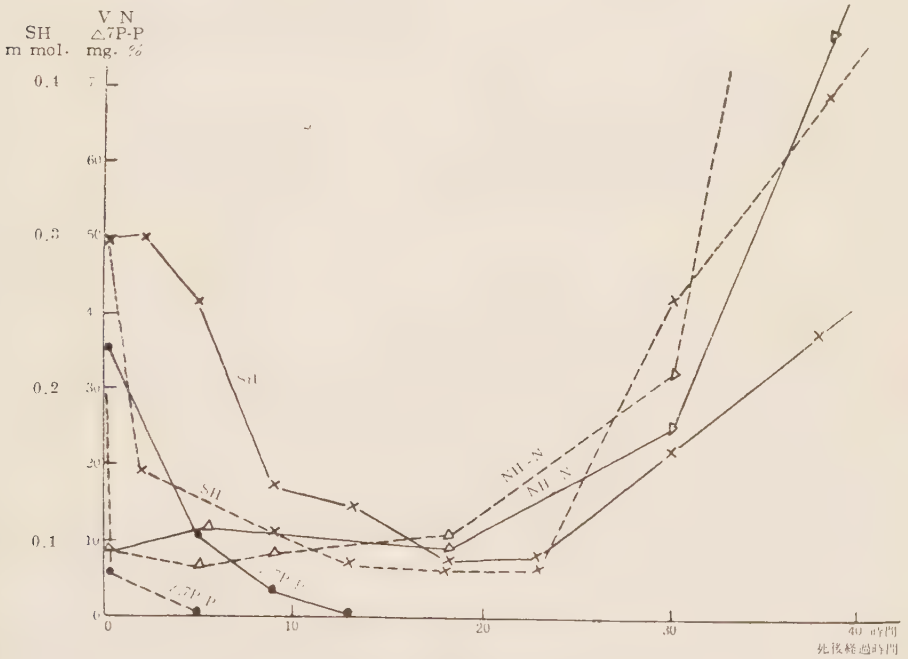
すなわち，その結果は全魚体のまま実験した場合と全く同様な傾向を示した。死後硬直の完了は空気中で13時間，水中では5時間以内（恐らく1時間位）であるが，腐敗開始の時期は空気中でも，水中でも，同じように23時間経過した附近である。しかし，腐敗開始後の SH 基や揮発性塩基窒素の増加は水漬の場合がはるかに著るしい。清水[85]（'48）がイシガレイで 0°C（氷蔵，冷蔵）で実験した場合は氷蔵の方が遙かに優つていたが，この場合のアムモニヤ窒素量は活魚の場合よりも少いので，恐らく融解した氷水によつて細菌や腐敗生産物が洗い流されたものであろう。

第30表　鮮度におよぼす水浸漬の影響（試料　断頭死を行つたコイの背側筋，25°Cに放置）

水浸漬……一定量の蒸溜水中に一定量の背側筋を浸漬し，一定時間おきに全量を分析した。

空気中……一定量の背側筋を壜中に密栓し，一定時間毎に分析す。

	死後経過時間（時間）	0	0.5	2.0	5.0	9.0	13.0	18.0	23.0	30.0	38.0
空	△7P-P量 mg%	35.0	—	—	10.8	3.4	0				
気	−SH基 m.mol	0.300	—	0.295	0.263	0.134	0.128	0.084	0.081	0.165	0.240
中	揮発性塩基窒素量 mg%	8.20	—	—	11.13	—	—	9.77	—	25.34	78.68
水	△7P-P量 mg%	35.0	5.1	—	0.0						
浸	−SH基 m.mol	0.300	—	0.145	—	0.102	0.079	0.079	0.079	0.265	0.400
漬	揮発性塩基窒素量 mg%	8.20	—	—	6.02	8.33	—	10.62	—	33.04	137.92



第26図　コイ筋肉の鮮度に及ぼす水浸漬の影響（25° C）

- 水浸漬 / 空気中放置 } SH基
- 水浸漬 / 空気中放置 } 揮発性塩基窒素量
- 水浸漬 / 空気中放置 } △7P-P

すなわち，以上二つの実験例から明らかなことは，水漬けによつて死後硬直は速やかに進行完了するが，その後の変化は水漬けによつてかえつて阻害されることであり，死後硬直完了から腐敗開始までの時間は，水浸漬の場合がむしろ長い。このことは放置温度が比較的高かつたためかと思われるが，腐敗細菌の繁殖に対しては，死後硬直の遅速ということは著るしい影響を与えないことを示すもので，このことはまた天野の行つた，致死条件を異にしたソウダガツオの実験例[10]でも明らかに看取される

第 6 章　摘　要　お　よ　び　結　論

(1) 魚肉収縮量測定装置を考案し，潅流による魚肉収縮現象（洗いの現象）について，魚の鮮度特に死後硬直現象ならびにその判定法と関連して広汎な研究を詳細に行つた。

(2) 潅流による筋肉収縮率は魚種によつて異なるのみならず，また同一魚種でも部位によつて異なる。pH値が高く，Glycogen 量が少く，かつATP等の Polyphosphate の含有量が多い筋肉程その収縮率は大きい。これは魚の生活時における游泳生態と密接な関係がある。一般に，游泳時に急激に激しい運動をなし得る部位の筋肉ほどそのpH値は高く，Polyphosphate 量は多く，筋収縮率は大きい。また体型が游泳に不適当で，常にはあまり活溌な運動を行わないが，時に急激な運動を行う定着性魚族では，筋収縮率は大きく，体型が游泳に適し，常に持続的な運動を行う回游性魚族では筋収縮率は小さい。前者は体型が游泳に不適当であるから，摂餌，驚顎等の場合には短時間ではあるが急速な極めて激しい運動を行う必要があるが，後者は体型が游泳に適し，僅かの運動でも急速な游泳が可能であり，従つてそれほど激しい運動を行う必要がないからであろう。

(3) 潅流による筋収縮は潅流液に基く浸透圧の変化，または脱水作用等のために生じる現象ではない。

(4) 潅流による筋収縮現象は潅流液によつて，ミヨシン系蛋白とカリとの結合状態が変化し，蛋白からカリが解離するとともに蛋白は水和し，更にATP-ase等の酵素の作用によつて，ATP等の Polyphosphate が分解され，その際に生じたエネルギーによつて，蛋白が構造的に変化したために起るものであると推定できる。

(5) 魚の死後における筋肉の pH値，Glycogen量，Polyphosphate（△7P-P）量及び遊離 SH 基量は，いずれも死後まもなく急激に，後次第に緩慢に低下又は減少し，△7P-P量が零，pH値，free SH 基が略々最低値に達した時に死後硬直は完了する。解硬と共にpH値及び遊離SH基は徐々に増加する

(6) 死後硬直完了に至るまでの各時期における潅流による筋収縮率は，死後硬直が完了に近ずいたものほど，すなわち筋肉の pH値，Clycogen 量，△7P-P 量，遊離SH基量が低下又は減少したものほど小さく，△7P-P量が全く消失した筋肉では筋収縮は起こらない。

(7) 潅流による筋収縮現象は死後硬直完了後の魚肉では起こらない。

(8) 潅流による筋収縮現象によつて，数時間ないし数十時間を要して完了する死後硬直現象が，僅か数分ないし十数分の短時間で表現できる。

(9) 潅流による筋収縮率を測定することによつて，魚の鮮度特に死後硬直完了までの間のいわゆる"生きのよさ"の程度を判定し得る。すなわち，この方法により，死後硬直完了までの時間の予測および生前の栄養状態，または死亡時の苦悶運動の程度等を推測し得る。

(10) 死後硬直に及ぼす環境温度の影響は，0°C～30°C の範囲では $Q_{10}=2.1$ であり，温度 10°C 低下毎に硬直完了期は約2.1倍延長する。

(11) 凍結および融解の操作は，死後硬直前の筋肉に，潅流による筋収縮の現象を生じさせる。すなわち筋肉の Polyphosphate（△7P-P）量，Glycgen 量は減少し，筋肉は収縮する。

(12) 魚体を水に浸漬すると水は徐々に皮膚を通して筋肉内に浸透し，潅流による筋収縮現象が生じ，急速に死後硬直は完了する。

(13) 死亡時の苦悶運動によつて，死直後の筋肉内の Polyphosphate 量（△7P-P），Glycogen 量，pH値等は急激に減少低下する。従つて死亡時に激しく苦悶した魚ほど，潅流による筋収縮率は小さく，また死後硬直完了までの時間は短い。漁獲方法あるいは魚種により死後硬直に遅速があるといわれておるが，これは漁獲および死亡の際の筋肉内の解糖作用の結果が強く反映するためであろう。

(14) 延髄刺，断頭，苦悶の各致死条件の順で死後硬直が早く進行する．これは致死条件の影響というよりは，死亡時における苦悶運動の累積された結果によるものと思われる．従つて漁獲方法，魚種等を考慮しなければ，直殺の効果は挙げられないであろう。また水漬け，冷凍等の手段を施せば速かに死後硬直が完了し，いわゆる魚体の〝生きの良さ〟が消失するから，このような場合には致死条件の影響は殆んど見られない。

(15) 魚の〝生きの良さ〟をできるだけ長時間保たせる方法は，漁獲時に魚の苦悶運動を最少に止め，延髄刺又は断頭の手段によつて殺し，凍結しない最低温度で冷蔵保管することである。長時間苦悶状態のまま生存させた後殺したもの，あるいは死後水中に浸漬させたもの，または砕氷等によつて処理したもの，もしくは凍結したもの等は，ある場合には腐敗の防止延長は出来ても，死後硬直期間の延長，すなわち〝筋肉の生きの良さ〟を保つことは困難である。

参　考　文　献

1) 田内森三郎，広瀬郁郎，和田英夫：水産講習所試験報告，26，79，1931
2) 山村弥六郎：水産講習所試験報告，27，43，1932
3) E. C. BATE-SMITH：J. Physiol., 96, 176, 1939
4) P. A. VASSILIOW：Z. Fleisch, Milchhyg., 40, 363-367, 1930
5) 大竹茂夫，山本常治：日本海区水産研究所研究年報，1号，183-188，1954
6) I. A. SMORODINTZEW, & N. N. KRYLOVA：J. Biochem., 23, 453-454, 1936
7) L. HERMANN：Pfüger's Arch. f. d. gesamt. Physiol., 5，223，1872
8) G. GALEOTTI：Z. Biol., 43, 289, 1902
9) G. W. GRILE：Amer. Jour. Physiol., 59, 458, 1922
10) 田村建治：日本水産学会誌，1，4，168-170，1932
11) 須藤吾之助：Arbeit. Med. Fakult, Okayama, 3，646，1933
12) 山村弥六郎：日本水産学会誌，10，2，83-85，1941
13) 山田紀作，北野栄一：日本水産学会誌，13，6，232-236，1945
14) W. EBER：E. Abderhalden: "Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden," Abt. IV Teil 5，1，195，1923
15) J. TILLMANS & R. OTTO：Z. Untersuch. Nahr.-Genussm., 47, 25, 1924
16) 清水正雄：日本農芸化学会誌，9，730，1925
17) 木村金太郎，熊倉悟：Proceeding of tke Pan-Pacific Science Congress, 5，3709，1934
18) 谷川英一：水産製造会誌，3，5，267-296，1935
19) 山田紀作，新間弥一郎：日本水産学会誌，14，1，23-26，41-47，1948
20) 天野慶之，尾藤方通，河端俊治：日本水産学会誌，19，4，487-498，1953
21) 大竹茂夫，山本常治：日本海区水産研究所研究年報，1号，169-174，1954
22) S. A. BEATTY & N. E. GIBBONS：J. Biol. Bd. Canada, 3，77，1937
23) 河端俊治：日本水産学会誌，19，4，505-512，1953
24) 小幡弥太郎，座間宏一，山西貞：日本水産学会誌，15，499-504，551-553，554-556，1950
25) F. G. HOPKINS：Nature, 126, 328, 363, 1930
26) A. E. MIRSKY & M. L. ANSON：J. Gen. physiol., 18, 307, 1935
27) 森高次郎，奏満夫：日本水産学会誌，15，407-411，1949
28) 天野慶之外：日本水産学会年会講演，1954
29) O. V. EÜRTH：Ergebniss physioL. u Pharmakol., 17, 363, 1919

30) LEIM, MAC LOED & SIMPSON: Contr. Canad. Biol. Fish., , N. S., 111, 20, 1927
31) H. L. A TARR: J. Eish. Res. Bd. Can., 7, 608, 1950
32) T. ERDÖS: Stud. Inst. Med. Chem. Univ. Szeged., 3, 51, 1934
33) E. C. BATE-SMITH & J. R. BENDALL: J. physiol., 106, 177-185, 1947
34) 藤巻正生，古城健三：日本水産学会誌，19，4，499-504，1953
35) A. SZENT GYÖRGY: Chemistry of Muscular contraction, 2nd ed, 1951
36) W. WALKIEWIEZ: Z. E'eish, Milchhyg., 46, 171-174, 1936
37) 天野曠之：水産食品鮮度判定の化学的研究，東海区水産研究所研究報告，1号，1950
38) 河端俊治　外3名：日本水産学会誌，18，3，124-132，1952
39) 山本允，曾根原正典：日本水産学会誌，19，6，761-765，1953
40) 木村金太郎：水産製造全書，上巻，10-11，1933
41) 今井米喜：国民衛生，12，2，181，1935
42) 市川收：食品衛生，1，105，1949
43) 河端俊治：日本水産学会誌，19，7，813-818，1953
44) W. M. FLETCHER: J. Physiol., 28, 474, 1902
45) J .P. HOET & H. P. MARKS: Proc. Roy. Soc. Lond. B., 100, 7, 2, 1920
46) E. LUNDSGAARD: Biochem. Zeitsch., 212, 162, 233, 322, 1930
47) E. C. BATE-SMITH: Advance in Food Reserch, 1, 1-38, 1948
48) 名取礼二："筋生理学"，30，198，1951
49) VERZAR: F. Hawrowitz "Progress in Biochemistry" 324-335, 1950
50) 殿村雄次，渡辺静雄：科学，23，567-573，1953
51) J. C. EWART: Proc. Roy. Soc. Lond. B., 42, 438-459, 1887
52) A. G. ANDERSON: 26th Ann. Rept. Fishery Bd. (Scotland) , Part 3, 13-39, 1907
53) K. SCHLIE: Kalte-Ind., 31, 115-119, 1934
54) C. L. CUTTNG: Ann. Rept. Eood Invest. Bd (Gt. Britain)., 39-40, 1939
55) 山村弥六郎，鹿野捷爾：日本水産学会誌，6，4，185-186，1937
56) 浅川末三，野口栄重，見元孝一：南海区水産研究所，業績集，1号，28-31，1953
57) 安藤貞，佐久間今朝四，荻野珍吉：日本水産学会誌，8，1，23，1939
58) L. HERMANN: Hermanns Handbuch der Physiologie, Bd. L. 1, 102, 1879
59) LOEB: Handbuch der Biochemie, Bd. 11, 2, 104, 1910
60) 浅野達也：京都医学雑誌，13，1916
61) 柏原長弘：京都医学雑誌，17，821-840，1920
62) L. HEILBRUM : Physiol. Zool., 13, 88, 1940
63) A. BETHE & P. HAPPEL: Pflüger's Arch. f. d. gesamt. Physiol., 201, 157, 1923
64) 末広恭雄："魚類生理学の実際"，1947
65) 加福竹一郎：魚類学雑誌，1，2，89-100，1950
66) 斎藤正行："光電比色計に依る臨床化学検査"，1954
67) 荻須康：動物学雑誌，49，7，251-254，1937
68) W. W. UMBREIT 外2名："Manometric Techniques and Tissue Metabolism." 185-197, 1951
69) 中村道徳：日本農芸化学会誌，24，1，1950
70) D. M. NEEDHAM: Phys. rev., 1928
71) K. BAILEY: "Advanc in Protein Chemistry", 1, 279, 294-295, 297, 299, 1944

72) H. M. KARCKAR: J. Biol. Chem., 143, 299, 1943
73) N. E. SAKOV: Biochimia, 6, 163, 1941
74) 清水亘，志水寛：日本水産学会誌，12，2，73-81，103-106，1943，19，6，753-760，1953
75) 岡田稔，多田節子：日本水産学会誌，20，3，224-231，1954
76) 藤田敏彦，佐武安太郎："生理学講義" 下巻，442，1954
77) 奥田譲："水産化学" 160，1933
78) MORAN & SMITH: Food Invest., Board Special Report, 36, 1929
79) W. M. FLETCHER: J. Physiol., 47, 375, 1913
80) 石原房雄：東京医学会雑誌，31，23，1493～1530，1919
81) 天野慶之 外3名：冷凍鯨肉の解凍硬直現象に関する研究，プリント，1952
82) 竹下明：岡山医学会雑誌，64，1072-1075，1952
83) 清水亘，日引重幸：日本水産学会誌，17，10，301-304，1952
84) G. A. REAY: J. Soc. Chem. Ind., 52, 2651, 1933
85) 天野慶之，尾藤方通：日本水産学会年会講演，1955
86) G. A. REAY & J. M. SHEWAN: Advance in Food Research, 2, 343-398, 1949
87) 野口栄三郎，尾藤方通：日本海区水産研究所研究年報，2号，151～188，1955
88) 清水亘：日本水産学会誌，15，1，35～40，1948

A study on the Freshness of Fish Meat with Special Reference to the Determination of Rigor Mortis

Summary

The present work has been undertaken to obtain a method or methods by which to extend the duration of the rigor mortis and keep fish meat as fresh as possible. To begin with, the author studied a phase of muscle contractions that often occur in thef reshest meat of some species when rinsed in water, a case which is known among Japanese as "arai" phenomenon. Because it was thought feasible to adopt this particular muscle contraction as a criterion in judging degree of the freshness.

I. Relationship between the Muscle Contraction Caused by Rinsing and the Swimming Behaviour of Fish

It has been fouud from the studies that the amount of muscle contraction varies depending not only on the degree of freshness, but also on differences in species, killing methods, and anatomical parts of the body from which a sample was taken.

For instance, samples of eleven species killed immediatly after catch were studied. The results revealed that in most cases the "red meat" of migratory fish such as mackerels and yellowtails would not shrink so noticeably as the "white meat" of the sedentary including carp, sea breams, puffers, and star gazers. Among anatomical parts of the body, the meat sampled out of the parts performing vigorous movements showed a high contraction of the muscle.

The amount of the contraction is closely correlated with pH of meat sap, and the amounts of glycogen and ATP present in the meat. For the larger the content of ATP in the meat which is neutral in pH, the higher the contraction; the smaller the ATP content in the meat with pH on the acid side, the lower the contraction. Generally speaking, fishes containing high glycogen in meat tend to show the acid side pH value in meat sap and the less contraction of the mnscle.

The relationship between the amount of ATP-phosphate and the degree of muscle contraction is different from species to species; in other words, the contraction caused by a given amount of ATP is greater in some fishes tnan the other. They are such a type of fish that moves rather occasionally but with a sudden action as their body structure does not seem well adapted for continuosus swimming. A fact that the contraction of mucles rinsed in water differs in degree dependently on species and anatomical positions was assumed to be ascribable mainly to glycolysis in the muscle, as it has an important relation with the muscle movement. The assumption may be verified when one compares differences in swimming behaviours and possible biochemical processes between the two types of fish, the migratory and the seden tary.

The "red meat" fish migrating far and wide would require a large stock of glycogen with active glycolysis in order to make up for quantities of ATP consumed in the course of the ceaseless swimming; as a result, the pH of muscle sap is apt to decrease, then the muscle contracts but little. The slight muscle contraction is, however, compensated by the body form quite fitted for swift and continuous movement, and the very movement is, in turn, made possible by that slight contraction.

On the other hand, the "white meat" sedentary, whose form is much less fitted for swift swimming, consume only a small quantity of ATP under a normal condition when they lie almost still. Accordingly they need neither a large amount of glycogen in muscle, hence nor heavy glycolysis. When running after food animals or away from enemies, however, they would have to swim very fast with the muscle contraction as strong as could be produced, as their form does not seem suitable for smooth movement. For that reason they must maintain quantities of ATP in the muscle and keep the pH of meat sap neutral in order that the decomposition of ATP may actively proceed. It can be said that the fish of this type, apparently with a few glycogen and slow glycolysis, would move very vigorously only at a necessary moment but soon become exhausted.

II. Mechanism of the Muscle Contraction in Rinsing

In regard to the mechanism of muscle contraction when perfused in water a hypothesis is proposed here. The so-called "arai" phenomenon would be one of varieties of muscle contraction that is taken place by the structural changes of protein molecule ensuing from the hydration of it's activated radicals, along with the decomposition of ATP involved. The hydration progresses in accordance with the dissociation or ion-exchange of K-ion, which has been bound to the muscle protein, due to the disturbance of ionic equilibrium given rise by the perfusion of a salt solution or water.

III. The Muscle Contraction in Perfusion as a Criterion of the Freshness under Rigor Mortis

The post-mortem change in the degree of contraction of fish meat caused by the perfusing water has been studied in connection with fluctuations in the pH value of meat sap, and the amounts of glycogen, ATP and free SH-group in the meat. The results are indicative that these values all synchronously and rapidly decrease in the course of time after death particularly, reaching the minima at the full rigor state, the amounts both of ATP and of contraction during perfusion become zero at that state.

The patterns of changes in these values, even when the material was treated differently as to killing methods and temperature under which it stood, well coincided with the freshness of meat judged through sensual observation. The fact points to a few suggestions. One of them is that it would be possible to determine quantitatively the freshness of fish meat during the rigor mortis period form the degree of muscle contraction in perfusion. Another is that it would also be possible to estimate through the measurement of muscle contraction the time leading up to the relaxation of rigor mortis and the amount of the death throes, the latter of which seems to be a factor affecting the freshness as will be discussed later.

As for the influence of temperature upon the progress of rigor mortis, it has been revealed that $Q_{10} \fallingdotseq 2.1$ in the range from 0° to 30° C. in the case of a beheaded carp, and therefore that the rigor mortis period is to be extended about 2.1 times by lowering temperature every ten degree in Centigrade.

IV. Rigor Mortis in the Fish Meat

The samples used consisted of muscles of mackerel and carp, the first of which have hitherto been thought to lose freshness faster than the latter. The result was such as to lead one to the conclusion that the difference in the rigor mortis progress would be attributable to the activity of glycolysis during the death struggle rather than to the difference in species.

As for a cause of putrefaction readily occurring in the "red meat" migrator, the author has been skeptical about an accepted interpretation that the highly active auto-catalyses in that type of meat would be responsible for the phenomenon. Because there are enough reasons to believe that the violent struggle at the moribund state would make a large amount of glycogen in the muscles decomopose actiyely to be followed by a prompt decline in pH of the muscle sap. For instance, a fish died a moment ago would often indicate pH having already lowered below 6.0. Accordingly, ATP in the muscle is quickly decomposed, without sufficient regeneration into inorganic phosphoric acid until completely disappearing from the meat. In this way the rigor mortis of the migrator advances and soon attain the full rigor state before the subesquent relaexation to set in.

Where-as, the "white meat" settler when caught, does not strnggle so much as the migrator. Since there is found in their meat only a small quantity of glycogen to decompose rather weakly, they are usually killed while holding still a high pH of meat sap as it is. Consequently the post-mortem regeneration of ATP ie efficiently checking the break-down

into inorganic phosphoric acid and retarding the progress in rigor mortis. Thus, as long as the rigor state lasts, high freshness can be secured for the meat. In short, no matter wether a fish belongs to the "red meat" migrator or the "white meat" settler, its muscle would soon pass through the rigor mortis and become putrid, if undergone a prolonged death throes, the muscle which could be kept highly fresh for a length of time, had they been killed without delay.

V. Influence of Freezing and Immersion upon the Advancement of Rigor Mortis

It appeared to the author that both freeziug and deforsting would have an effect upon the muscle contraction as same as the perfusion does. Particularly, in a fresh fish containing ATP, the freezing would cause the muscle contraction just like a perfusing solution of a high salt concentration produces, and so the thawing would have it as the case with perfusion in diluted salt solution, both bringing the fish meat to the rigor state. It has also been revealed that, when the fish is immersed in water, the water penetrates into the muscle through the skin, causing the body weight to increase and the muscle to shrink through the same mechanism as in perfusion befor long the full rigor state being reached.

VI. Conclusion

In order to preserve fish meat fresh for a longr period, it is most essential to minimize the death struggle of fish by hauling them up on board as soon as they have been caught and either by destroying the spinal cord or by decapitating. The lowest storing temperature allowable is recommened to the fish not destined for freezing.

To leave fish in the throes or to immerse a dead fish in water is very detrimental to the freshness. It is true that immersion of the catch in icy water or cold brine and the refrigeration of fish may as well check the putrefaction due to bacterial activities to some extent. Nevertheless, such treatments can hardly warrant possibility of extending the rigor mortis period and thereby maintaining high freshness of fish meat for a length of time.

罐詰に関する研究

特にイワシトマト漬罐詰の真空度と検査等級について

第 1 章　研　究　の　目　的

従来罐詰に関する研究としてはその性質上細菌学的の研究が多くなされ，又罐詰内容物の変質，すなわち内容物の黒変，青変，ハニカム等の現象，罐内に発生する結晶その他の異状物質に関する研究，あるいは製造上の機械器具に関する考案は多く行われているが，罐内真空度に関する研究は少い。しかしトマトサーヂンやオイルサーヂン罐詰の如く，真空度の低い罐詰の場合には，真空度の問題も重要であつて，特に低温度で製造された罐詰を南洋方面の気温の高い地方に輸出するような場合に，時には真空度が零となり，あるいはスプリンガー現象等が起きて屢々問題を惹起した。

罐詰の真空度は内容物の好気的変質を防ぐと共に，罐詰の検査では，それが完全に製造されたものであるか，腐敗，変質等を惹起しているか否かを判断する際の，最初の目安となるものであり，さらに打検等を含む外観検査において，最も重要な要素となるものである。そこで主としてスプリンガー現象を起しやすいイワシトマト漬罐詰の真空度につき研究し，あわせて品質に関する 2～3 の研究を行つた。特に御多忙中にかかわらず，本稿の御校閲と御教示を賜わつた京都大学教授清水亘博士，同教授川上太左衛門博士，および本研究施行に当り，多大の御支援，御協力を賜わつた故長崎県水産試験場技師下井誠氏，本実験の一部を担当して頂いた元長崎県水産試験場員大岩文衛氏に厚く感謝の意を表する。なおこの実験は長崎県水産試験場において行つたものであることを附記する。

第 2 章　気温と罐内真空度との関係

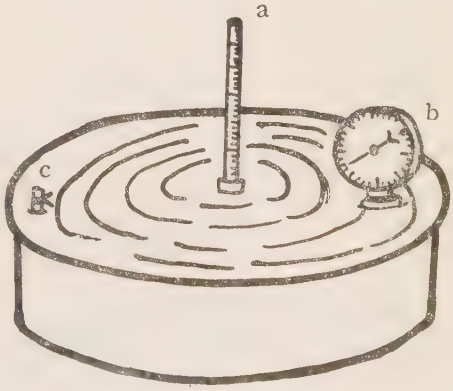
気温と罐内真空度の関係については既に石井[1]（'28），松生[2]（'37）等の研究報告があるが，松生によれば，鮭鱒罐詰においては真空度の温度による変化はほぼ直線的であつて，温度 10°C 上昇する毎に真空度は約 1.7 吋を減ずる。しかし最もスプリンガーを起しやすく，上部空隙の小さいイワシトマト漬罐詰においては，このような研究が行われておらないので次の実験を行つた。

第 1 節　研　究　方　法

石井[1]および松生[2]は，真空度の測定を，罐の外蓋に密着させた真空鐘の空気を排除して減圧し，罐蓋が音をたてて凸起する時の真空計の読み（U_a）と，鐘内に空気を入れ，再び罐蓋が音をたてて凹入する時の真空計の読み（U_b）とから，罐詰の真空度Uを次式：

$$U = \frac{U_a + U_b}{2} - A$$

但し，Aは定数で推定している。著者は温度と真空度との関係を知るために，第 1 図の如き実験を行つた。すなわち罐の中央に寒暖計（A）を挿入し，一端には真空度計（バアキユームテスター）（B）を，他端には罐内空気を排除するためのゴム管（C）を装置し，まづ罐を温湯で50°～70°C前後に温め，直ちに（C）部のコツクを締め，極めて徐々に罐を冷却しながら，其の間の温度と真空度計とを読みとつた。資料の罐詰は "なま詰" 製造方法による 1 ポンド楕円罐のイワシトマト漬罐詰で，この際の大気圧は一定であるとし，また罐内温度も均一であるとした。



第 1 図　罐詰の真空度測定装置
a：温度計　b：真空度計　c：脱気孔

第 2 節　結果および考察

実験結果は一括して第 1 表および第 2 図に示してあ

第 1 表　イワシトマト漬罐詰の真空度と温度との関係

No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
総重量 566.7g 罐詰の容積 460.0cm³ 内容物の容積 440.0cm³ (20.0°C) a' = 2.72cm³/cmHg θ_1 = 70.0°C	総重量 566.7g 罐詰の容積 460.0cm³ 内容物の容積 440.0cm³ (20.0°C) a' = 2.72cm³/cmHg θ_1 = 50.0°C	総重量 543.6g 罐詰の容積 460.0cm³ 内容物の容積 417.0cm³ (20.0°C) a' = 2.72cm³/cmHg θ_1 = 70.0°C	総重量 503.0g 罐詰の容積 445.0cm³ 内容物の容積 375.0cm³ (20.0°C) a' = 2.72cm³/cmHg θ_1 = 70.0°C

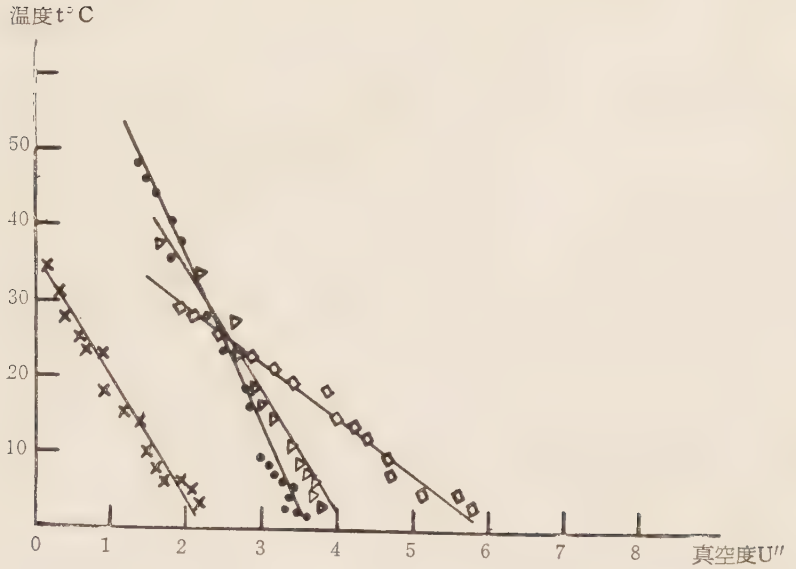
温度 °C	真空度 吋	(3)式から計算された真空度	温度 °C	真空度 吋	(3)式から計算された真空度	温度 °C	真空度 吋	(3)式から計算された真空度	温度 °C	真空度 吋	(3)式から計算された真空度
49.0	1.4		35.0	0.2		38.0	1.7		30.0	1.9	3.65
46.0	1.5		32.0	0.3		36.0	1.9		28.5	2.2	
44.0	1.6		30.0	–	0.98	34.0	2.1		25.0	2.5	
41.0	1.8		28.0	0.4		30.0	–	2.90	23.0	2.7	
40.0	–	1.67	25.0	0.6		27.0	2.6		21.0	3.2	
38.0	1.9		24.0	0.7		23.0	2.7		20.0	–	4.12
30.0	–	2.12	23.0	0.8		20.0	–	3.32	19.0	3.5	
28.0	2.3		20.0	–	1.41	19.0	2.8		17.0	3.8	
24.0	2.5		18.0	0.9		16.0	2.9		15.0	4.0	
20.0	–	2.66	15.0	1.2		14.0	3.2		13.0	4.2	
19.0	2.8		14.0	1.4		11.0	3.4		12.0	4.4	
16.0	2.9		10.0	1.5	1.85	10.0	–	3.78	10.0	–	4.62
13.0	3.0		8.0	1.6		9.0	3.5		9.0	4.7	
10.0	–	2.88	7.0	1.7		8.0	3.6		7.5	4.7	
9.0	3.0		6.0	1.9		7.0	3.7		5.0	5.2	
8.0	3.1		5.0	2.1		6.0	3.7		3.5	5.7	
7.0	3.2		3.0	2.2		5.0	3.7		3.0	5.8	
6.0	3.3		0.0	–	2.27	3.0	3.8	4.02	0.0	–	5.00
5.0	3.4					0.0	–				
4.0	3.4										
3.0	3.4										
2.0	3.5										
1.0	3.6										
0.0	–	3.26									

る。

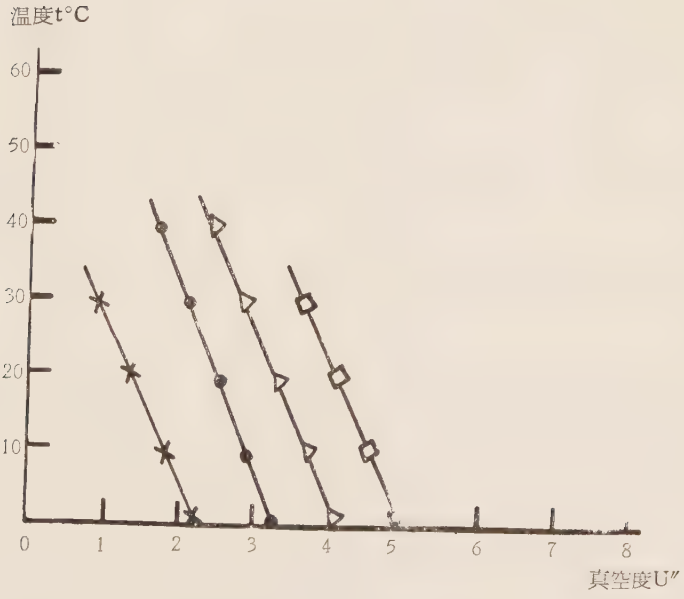
すなわち真空度の温度による変化は，この場合実験的には直線的の関係を示して，温度係数は

No. 1　の場合　–　0.060
No. 2　〃　–　0.065
No. 3　〃　–　0.056
No. 4　〃　–　0.135

を示した．すなわち特に内容量を減じて軽量罐とし，上部空隙を大としたNo.4 を除いては，温度係数は－0.06



第 2 図　真 空 度 と 温 度 と の 関 係
—●— No. 1　—×— No. 2　—△— No. 3　—□— No. 4



第 3 図　温度と真空度との関係（(3)式から計算した場合）
—●— No. 1　—×— No. 2　—△— No. 3　—□— No. 4

内外を示している。

真空度と温度の関係について，岡田[3]は単に熱膨脹による上部空隙の体積の変化のみを考慮した場合，外圧をP，真空度をU，蒸気圧をF，空気の膨脹係数をα，罐内容物の膨脹係数をβ，容器の膨脹係数をγ，容器

の体積をV，空隙の体積をvとし，温度θ°C及びo°Cの時の値を夫々添字で表すわと

$$\frac{P_\theta - U_\theta - F_\theta}{P_o - U_o - F_o} = \frac{1 - \alpha\theta}{1 + \beta\theta - \frac{V_o}{v_o}(\beta - \gamma)\theta} \quad \cdots\cdots(1)$$

で示されるとした。ここでγはβに比較して小さいから省略し$P_\theta = P_o \fallingdotseq 76$cmとすると次の様に変形出来る。

$$U_o - U_\theta = (F_\theta - F_o) + \left(\alpha + \frac{V_o - v_o}{v_o}\beta\right)(P_o - U_o - F_o)\theta \quad \cdots\cdots(2)$$

この(2)式から得た計算値と，この場合の実測値とを比較すると，特に内容量を減じて軽量罐とし，上部空隙を大としたNo. 4の場合には，比較的にこの理論値によく一致しているが，通常の罐詰であるNo.1乃至No.3の場合には適合しない。

ところでイワシトマト漬罐詰の場合には，一般に上部空隙が極めて小さく，また楕円罐であるために罐の蓋底の弾性変形が極めて大きいから，熱膨脹による上部空隙の体積の変化の影響よりは，このような罐の蓋底の弾性変形による影響が強いと思われる。そこで同様に岡田[3]が P.Chambellan の式にならつた

$$P_\theta = \frac{(1 - s\theta)\ v\theta' - k' + \sqrt{\{(1 - s\theta)\ v\theta' - k'\}^2 + 4a'm\ (V_{\theta 1} - l'v\theta')}}{2a'} \quad \cdots\cdots(3)$$

式から計算して第1表および第3図に示すような結果を得た。但し

$$K' = V_\theta - a'(P - F_\theta) - b', \quad l' = (1 - s\theta_1)\frac{1 + \beta\theta_1}{1 + \beta\theta}, \quad m = P_{\theta 1}\frac{1 + \alpha\theta}{1 + \alpha\theta_1},$$

v'は内容物の体積，$s\theta$は気体の溶触度で，温度はθ_1からθに降下するとし，内容物の氷点降下は－2°C，膨脹率は純水のβに等しく，且つ真空度の変化が示す罐形の変形量の実験結果から，$a' = 2.72\text{cm}^3/\text{cm}$とし，$\theta_1$はNo. 1及びNo. 3，No. 4は70°C，No. 2は50°Cとして計算した。この結果を実測値と比較すると，温度係数はいずれも0.04内外を示して，実験値の0.06に比較すると幾分小さいが，No. 4を除いて他はよく一致している。すなわち，特に軽量罐として上部空隙を大きくしたNo. 4罐は(3)式に適合しないで(2)式には良く一致し，上部空隙が小い通常のイワシトマト漬罐詰であるNo. 1ないしNo. 3は(2)式には一致しないで(3)式に比較的に良く一致している。このことはNo. 4罐の如く，上部空隙が大で残存空気の量が大きい場合には，熱膨脹による気体の体積の変化の影響が強く現われるが，No. 1ないしNo. 3のように，上部空隙が小さくしかも罐の蓋底の弾性変化が極めて大きい楕円罐の場合には，このような温度による真空度の変化には，恐らく空隙中に残存する空気の熱膨脹の影響は小さくて，かえつて罐の蓋底の歪みの影響が強く出現するためであろうと思われる。

しかし，いづれにしても，イワシトマト漬罐詰のように，罐内の上部空隙が極めて小さくしかもその罐の蓋底の変形が大きい場合には，その温度係数は小さく通常0.06内外であることは確かなようである。

松生[2]の鮭鱒罐詰の研空によれば，この場合の温度係数は0.10～0.31（資料数19罐）で，罐によつてかなりの変動はあるが平均すれば0.170であるといわれ，イワシトマト漬罐詰の温度係数に比較すると大きい。これは鮭鱒罐詰の上部空隙は，大沼[4]（'37）の研究によれば1ポンド平罐では平均して53.4cm³（上部空隙の高さ0.68cm）で，その上部空隙量はイワシトマト漬罐詰に比較して著しく大きく，かつ罐の変形量はその罐型が円罐であるので極めて小さいためであると思われる。

一般に，"なま詰法" によるイワシトマト漬罐詰の上部空隙は甚だ小さく普通20cm³程度で，真空度も0°Cにおいて1～2吋程度であり，温度係数は通常0.06内外であると考えられ，最大のものでも0.10以下であると思われる。すなわち，このようにイワシトマト漬罐詰の温度係数は他の鮭鱒罐詰等の上部空隙が大きく，しかも罐型上，罐の変形量が小さい円罐と比較すれば甚だ小さい状態にあるけれども，罐詰製造盛期の気温を平均15°Cとし，盛夏の気温を仮に35°Cとすれば，その差は20°Cであるので，温度係数を0.06とすれば真空度は1.2吋減少する。すなわち少くとも気温35°Cの消費地において，真空度0吋以上を保つ為には，気温15°C前後において1.2吋以上の真空度を有する罐詰を製造しなければならない。

第 3 章　真空度測定の一方法

罐詰の真空度は真空度計を使用して簡単に測定出来るが，此の方法は測定に当つて罐に孔を開けるので，検査後はその罐詰は廃品となる外はない。

そこで罐に損傷を与えないで，罐詰内の真空度を測定する方法として石井[1]（'28）の方法，富樫[5]（'36）の「ダイアル検罐器」による方法等が考案された。しかしこれらの方法はいづれも相当の設備と技術を要し，また正確度もさほど高くなく，しかも主として円罐で研究されたものである為に，楕円罐には応用出来にくい恨みがある。そこでこれらの方法以外に簡単な器具および方法で，かつ検罐後も罐詰としての価値を損しないような，罐内の真空度判定方法を案出する為にこの研究を行つた。

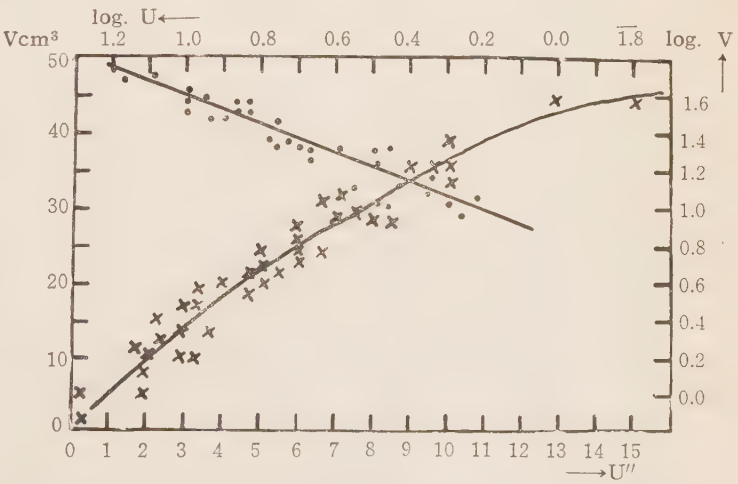
一般に，罐詰は上部空隙中に存在する気体の圧力，其の温度における罐内容物の飽和圧力，内容物の容積，罐材の挽みに対する抵抗力等の代数的総和が，外部の圧力と釣合つて現在の形状を保つている。そして同一温度の同一種類の罐詰の場合には，罐の変形量におよぼす影響は，内容物の重量，容積等の変化によるものは極めて僅少である。志賀[6]（'38）の研究によれば，天地巻締の楕円 1 号罐では，製造時の罐内圧力 10 ポンド以下の場合には，その罐詰の占める容積におよぼす影響は，製造時の罐内圧力には影響されず，之を減圧した時には常に同様の復元状態を示しておる。そこで罐詰の現在の形状は主として上部空隙中の気体の圧力と罐外の気圧との差，すなわち真空度によつて生ずるものと考えても差支えない。特に楕円罐ではその罐形上，このような圧力の差による罐の変形量が大きいと想像されるので，楕円罐の変形量から罐内圧力を算出測定しようと試みた。

第 1 節　研　究　方　法

予備実験としては東洋製罐株式会社製楕円 1 号罐（55罐の平均重量 102.3g）を使用し，この楕円罐に，温度の異つた熱湯を種々の割合に封入して密封後冷却し，真空度の異つた罐詰を製造し，次に 20°C の水中（20°C における比重 1.002）において重量を測定し（比重天秤を使用），空中の重量から水中の重量を減じた量を其の罐の容積とした。さらに実際の真空度は真空度計を使用して測定した。なお実際の罐詰としては長崎県水産試験場製（1937年製）の“なま詰法”によるイワシトマト漬罐詰を使用した。

第 2 表　真空度零時を示す水詰罐の占める容積（20°C）

罐番号	罐詰の容積 cm³
1	448.50
2	440.95
3	446.83
4	447.32
5	449.07
6	448.37
7	445.24
8	447.90
9	448.20
10	451.35
平均値	447.37
標準偏差	2.61



第 4 図　温度20°Cにおける罐の容積減少量（Vcm³）と真空度（U″）との関係（水詰罐の場合）—●— 容積及び真空度の対数を示す。

第 2 節　結 果 お よ び 考 察

予備試験として20°Cの水を詰め，20°Cの水中で容積を測定した結果（真空度零）は第2表に示す如くであつて，No. 2 および No. 10 は Thompson の棄却検定法[7]を用いて検定した結果は棄却することが出来ないので，この平均値447.37cm³を真空度0時の時の罐の容積（標準容積）とした。

第 3 表　水詰罐の容積と真空度との関係（No.1型楕円罐，20°C）

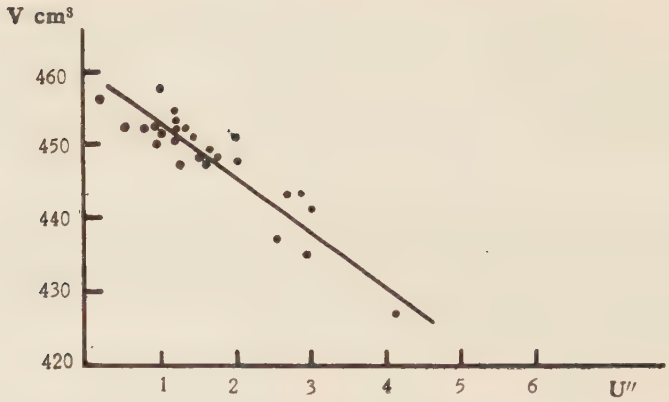
罐番号	罐重量 Wg	水中の重量 W_1g	罐の容積 $(W-W_1)$ cm³	減少容積量 $V=447.37-(W-W_1)$ cm³	真空度（実測値） U''	真空度（計算値） $U_1''=avb$	差 $U''-U_1''$
11	496.04	86.99	409.05	38.32	10.0	10.98	0.98
12	491.95	88.45	403.50	43.87	13.0	13.19	0.19
13	501.80	89.50	412.30	35.07	10.0	9.64	−0.36
14	503.10	84.60	418.50	28.87	7.5	7.56	0.06
15	495.85	92.70	403.15	44.22	15.0	13.40	−1.60
16	509.30	85.90	423.40	23.97	6.0	5.86	−0.14
17	500.60	86.50	414.10	33.27	10.0	9.16	−0.84
18	501.70	88.65	413.05	34.32	9.0	9.53	0.53
19	513.12	86.72	426.40	20.97	5.5	4.92	−0.58
20	514.53	86.98	427.55	19.82	5.0	4.52	−0.48
21	510.00	90.40	419.60	27.77	8.5	7.13	−1.37
22	530.08	92.78	437.30	10.07	2.0	1.73	−0.27
23	501.81	85.78	416.03	31.34	7.5	8.42	0.92
24	521.15	86.20	434.95	12.42	3.6	2.40	−1.20
25	514.25	90.20	424.05	23.32	6.0	5.65	−0.35
26	519.12	87.77	431.35	16.02	3.0	3.41	0.41
27	527.20	88.90	438.30	9.07	3.0	1.57	−1.43
28	509.65	90.40	419.25	28.12	7.0	7.25	0.25
29	513.07	87.27	425.80	21.57	5.0	5.06	0.06
30	518.77	90.37	428.40	18.97	4.0	4.25	0.25
31	512.87	87.47	425.40	21.77	5.0	5.13	0.13
32	506.30	87.17	419.13	28.24	8.0	7.32	−0.78
33	507.01	86.18	420.83	26.54	6.0	6.72	0.72
34	518.36	87.15	431.21	16.16	3.3	3.42	0.12
35	522.71	93.27	429.44	17.93	3.3	3.94	0.64
36	504.09	91.54	412.55	34.82	9.6	9.72	0.12
37	528.07	88.07	440.00	7.37	1.9	1.19	−0.71
38	517.78	86.10	431.68	15.69	2.2	3.28	1.08
39	522.37	86.77	435.60	11.77	2.3	2.22	−0.08
40	534.18	91.12	443.06	4.31	0.1	0.17	0.07
41	516.42	89.37	426.55	20.82	4.8	4.63	−0.17
42	538.63	91.60	447.03	0.34	0.2	0.001	−0.19
43	522.29	93.10	429.19	18.18	4.8	4.01	−0.79
44	529.78	91.53	438.25	9.12	3.1	1.59	−1.51
45	525.16	87.94	437.22	10.15	1.7	1.82	0.12
46	523.14	88.33	434.81	12.56	2.8	2.43	−0.37
47	513.20	90.30	422.90	24.47	6.0	5.93	−0.07
48	513.88	90.30	423.58	23.79	6.7	5.81	−0.89
49	506.43	90.58	415.85	31.53	7.0	8.49	1.49
50	534.67	91.92	442.75	4.62	1.9	0.63	−1.27
平均							0.59
最大							1.60

此の標準容積から，異つた真空度の罐詰の容積を控除したものを変形量$v$cm³とし，真空度をU吋とすれば第4図に示すような一つの曲線をなし　$U = av^b$ ……(4)　式で示すことが出来る。この場合(4)式の定数a及びbは　$a=0.0796$，$b=1.354$　である。この式によれば，第3表に示す様に試験罐40罐中の誤差の最大は1.6吋で，平均誤差は0.59吋であつた。富桝氏のダイアル検罐器による「カニ」罐使用水詰罐の測定平均誤差が1.50吋附近であるのに比較すれば，割合に正確で，罐の容積量の変化から真空度の測定は可能であると考えた。

もちろん，実罐においては殺菌加熱の際罐内に発生する圧力の影響によつて，罐材の撓みに対する抵抗力に変化がある為に，相当不規則な変形量を示すように想像されるが，志賀[6]の研究ならびに上記実験の結果から見て，この方法によつて実用範囲内の測定値が得られると考えられたので，実罐を使用して実験を行つた。結果は第4表及び第5図に示すようであつた。

第 4 表　イワシトマト漬罐詰の容積と真空度との関係（No.1型楕円罐，20°C）

罐番号	罐重量 Wg	水中の重量 W_1g	罐の容積 $(W-W_1)$ cm³	真空度（実測値） U''	真空度（計算値） $U_1''=66.41-0.1445(W-W_1)$	差 $U_1''-U''$	真空度（計算値） $U_2''=\frac{460-(W-W_1)}{7}$	差 $U_2''-U''$
51	558.5	105.5	453.0	0.9	0.95	0.05	1.0	0.1
52	553.4	118.0	431,4	2.9	3.45	0.05	3.5	0.6
53	549.5	108.1	441.4	3.0	2.63	−0.37	2.6	−0.4
54	575.0	123.3	451.7	2.0	1.14	−0.86	1.2	−0.8
55	553.9	110.4	443.5	2.8	2.33	−0.47	2.4	−0.4
56	567.8	114.3	453.5	0.8	0.88	0.08	0.9	0.1
57	562.7	113.6	449.1	1.6	1.52	−0.08	1.6	0
58	503.0	75.7	427.3	4.1	4.67	0.57	4.7	0.6
59	573.5	120.4	453.1	1.2	0.94	−0.26	1.0	−0.2
60	566.7	114.9	451.8	1.4	1.13	−0.27	1.2	−0.2
61	572.7	120.2	452,5	0.5	1.03	0.53	1.2	0.7
62	574.0	125.5	448.5	1.7	1.60	−0.10	1.6	−0.1
63	571.3	118.6	452.7	1.0	1.01	0.01	1.0	0
64	566.0	117.5	448.5	1.6	1.61	0.01	1.6	0
65	569.6	117.0	452.6	1.3	1.01	−0.29	1.1	−0.2
66	569.2	121.0	448.2	1.6	1.65	0.05	1.7	0.1
67	572.3	120.8	451.5	1.0	1.17	0.17	1.2	0.2
68	557.9	108.4	449.5	1.5	1.46	−0.04	1.5	0
69	562.3	112.5	449.8	1.5	1.41	−0.09	1.5	0
70	567.2	115.8	451.4	1.2	1.18	−0.02	1.2	0
71	563.9	115.4	448.5	2.0	1.61	−0.39	1.6	−0.4
72	543.2	109.6	433.6	2.7	3.76	1.06	3.8	1.1
73	573.2	119.3	453.9	1.2	0.82	−0.38	0.9	−0.3
74	546.1	109.0	437.1	2.5	3.25	0.75	3.3	0.8
75	563.3	108.6	454.7	1.2	0.71	−0.49	0.8	−0.4
76	573.6	115.5	458.1	1.0	0.22	−0.78	0.3	−0.7
77	572.1	125.8	446.3	1.9	1.92	0.02	1.9	0
78	577.2	120.2	457.0	0.2	0.39	0.17	0.4	0.2
79	559.6	112.2	447.4	1.2	1.76	0.56	1.8	0.6
平均						0.326		0.317
最大						1.06		1.10



第 5 図　イワシトマト漬罐詰の罐の容積と真空度との関係（20°C）

すなわち，イワシトマト漬罐詰の容積と真空度との関係は大体直線的の関係を示し，罐内真空度が高い程罐詰の容積は減少する。そしてこの場合の関係式は

$$U = 66.41 - 0.1445V \cdots\cdots(5)$$

但しU＝20°Cに於ける真空度吋，V＝罐の容積cm³（空中の重量－水中の重量）で示される。この場合測定罐29罐の中の最大誤差は1.06吋であり，平均誤差は0.326吋で真空度を推定することが出来た。

上記実験は試料の関係上真空度0.2吋から 4.1 吋までのものを使用した場合で，真空度が更に高くなつた場合は幾分変更され，また罐詰の殺菌加熱時における罐内圧力，罐材の種類，罐蓋の形状等によつても相違があると考えられるが，大体上記の方法により，実用に供し得る範囲内の誤差で，真空度を測定することが可能である。但しこの場合の定数は各工場毎に製法，内容量，使用水の比重等が異るから，ある数量の実罐を実測して，上式に該当する定数を求めておくことが必要である。

次に(5)式から罐詰の占める容積は真空度 0 吋の場合459.6cm³≒460cm³であり，真空度 1 吋毎に約6.9～7.0 cm³の容積を減少するので

$$U = -\frac{460 - V}{7} \cdots\cdots(6)$$

但し　U＝真空度　吋　　V＝罐の容積（空中の重量－水中の重量）cm³式を使用することが出来る。

すなわち罐詰の空中重量から水中重量を控除した数が460g以上である場合には，その罐詰の真空度は 0 吋であり，460g 以下の場合には 7 g 毎に真空度 1 吋を増加するものとみなしてもよい。この方法で計算した値は第 4 表に示すように，最大誤差1.1吋，平均誤差0.32吋であつた。

第 5 表　異つた水温中で測定したイワシトマト漬罐詰の容積と真空度

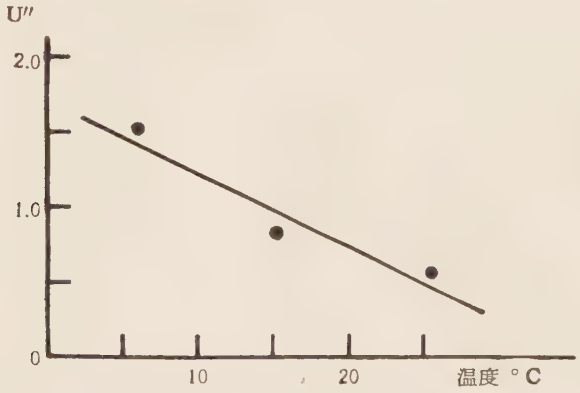
（罐の空中の重量　573.9g）

水温	水中の重量 W	水の比重 d	罐の容積 $(573.9-W)$ V	補正された罐の容積 $V_1=\frac{V}{d}$	計算上の真空度 $U=\frac{460-V}{7}$	補正された真空度 $U_1=\frac{460-V_1}{7}$	$U-U_1$
°C	g		cm³	cm³	吋	吋	吋
5.5	124.4	1.0000	449.5	449.5	1.50	1.50	0
15.0	120.2	0.9992	453.7	454.0	0.90	0.86	0.04
25.0	119.2	0.9971	454.7	456.0	0.76	0.57	0.19

さらに上記の実験は一定の水温20°C（水の比重1.002）中で測定した場合であるが，水の比重は水温によつて異るので，温度によつて容積V（空中の重量－水中の重量）を補正することが必要である。今5.5°C，15°C，25°Cの水温中で実罐の容積を測定した結果を示すと第5表の通りである。

すなわち15°C以下の水温の場合にはこれを補正する必要はないが，25°C以上の高温度の場合には実際の容積と比較して1～2 cm³，真空度にして0.1吋～0.2吋の差が生ずるので，実際に使用する水温（水の比重）の影響は甚だ小さいけれども，補正すればさらに正確な罐内真空度を推知することが出来る。

また第5表から，各温度に補正した罐の容積から推定した罐内真空度と温度との関係を示すと，第6図に示すように直線的の関係を示し，しかもこの場合の温度係数$b=-0.05$で，温度による罐内真空度の変化は，先に述べた気温と罐内真空度との関係で述べた結果と全く同様な結果を示し，この方法による真空度の測定が比較的正確であることを示している。



第 6 図　　温度と真空度（U″）との関係（第5表から）

第 4 章　　巻締時の罐内温度及び罐内容量と真空度との関係

罐詰におけるスプリンガーと称する現象は罐詰の腐敗による膨脹に基くものではなくて，主として内詰量の過多，罐詰真空度の不足，または罐の凹み等の物理的原因※によるものであり，特にイワシトマト漬罐詰のように内詰量が多く一般に真空度の低い罐詰では，スプリンガーを起す危険性が多い。そこで内詰量及び巻締時の罐内温度と真空度との関係を調査する為にこの実験を行つた。

第 1 節　　研　　究　　方　　法

予備実験として水詰罐を用いた。すなわち先づ使用空罐（東洋製罐株式会社製1ポンド楕円罐）の重量測定後（使用空罐の最大重量110.9g，最小95.6g，平均102.3g）55°Cから92°Cに至る各温度の水（20°Cの比重1.0028）を適宜の量罐に詰め，充分撹拌し，温度が一定となれば直ちに蓋を巻締める。この罐詰は冷却後重量を測定し，20°Cの水中に約2時間以上浸して，罐内温度を一定温度とした後真空度を測定する。次にこれに20°Cの水を注入して，罐蓋を僅かに押すと直ちに水が溢出する程度となる時罐を拭き，重量を測定する，そしてこの場合の注入水量が上部空隙量を示すものとした。

実罐の場合においては，先づ使用空罐の重量を測定した後，調理したイワシを肉詰し（"なま詰"法による）肉詰量を測定した後蒸煮（90°C，50分），脱水を行う。つぎにトマト液約75gを注入して巻締め密封す

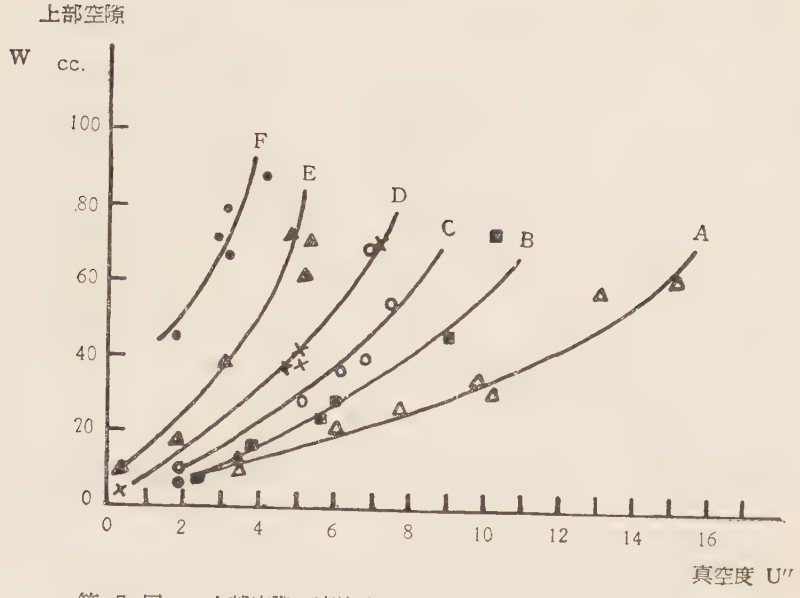
※スプリンガーの原因としては，この他に罐内容物と罐材との間の化学的変化によるガスの発生等も原因となる。

る。これを常温まで冷却した後，所要温度に保つた熱湯中に入れて罐を温め，罐内温度を一定とした。この時寒暖計を挿入した実罐を同時に温めて，この実罐内の中心部が所要温度に達した時試験罐を取あげ，直ち

第 6 表　水詰罐詰における上部空隙の大きさと真空度との関係（20°C）

A群　密封時の温度　90°C以上　$V=0.537w^{0.817}$

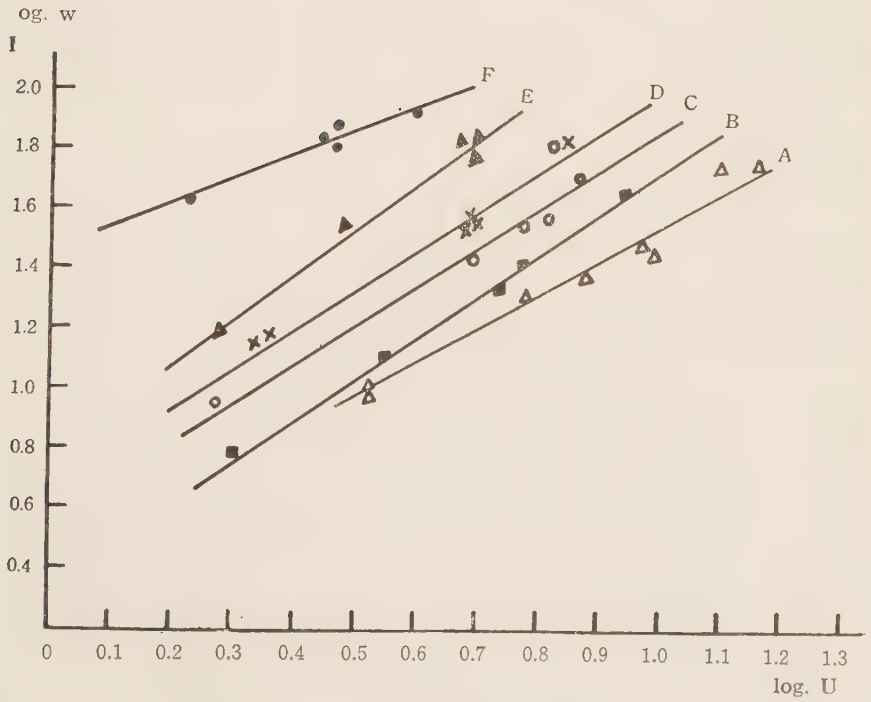
罐番号	温度 °C	真空度 U''	罐重量 Wg	水注入後の重量 W_1g	上部空隙 $W=W_1-W$cm³	計算上の真空度 U_1''	差 U_1-U''
17	91.0	15.0	464.00	524.80	60.80	15.28	0.28
13	91.0	13.0	460.75	520.25	59.50	15.00	2.00
15	91.0	10.0	494.40	524.95	30.55	8.69	−1.31
43	90.0	9.6	491.75	523.72	31.97	9.02	−0.58
16	91.5	7.5	500.10	524.40	24.30	7.20	−0.30
18	92.0	6.0	507.90	528.80	20.90	6.43	0.43
41	90.0	3.3	523.93	533.80	9.87	3.46	0.16
42	90.0	3.3	519.74	530.25	10.51	3.66	0.36
B群	密封時の温度	80°C～84°C	$U=0.643w^{0.670}$				
21	84.0	10.0	451.50	523.85	72.35	11.34	1.34
22	83.0	9.0	478.95	523.25	44.30	8.08	−0.92
30	82.0	6.0	501.40	528.75	27.35	5.84	−0.16
24	83.0	5.5	508.80	530.35	21.55	5.01	−0.49
29	84.0	3.6	526.60	539.65	13.05	3.57	−0.03
27	83.0	2.0	522.40	528.55	6.15	2.18	0.18
C群	密封時の温度	75～79°C	$U=0.914w^{0.513}$				
28	79.0	7.5	468.55	522.70	54.15	7.05	−0.45
47	75.0	7.0	462.50	531.50	69.00	8.03	1.03
46	77.0	6.7	493.45	532.62	39.17	5.98	−0.72
45	78.0	6.0	494.15	530.10	35.95	5.70	−0.30
23	77.0	5.0	501.40	528.55	27.15	4.95	−0.05
44	76.0	1.9	526.07	530.90	4.83	2.04	0.14
D群	密封時の温度	70～74°C	$U=0.501w^{0.631}$				
33	74.0	7.0	456.75	524.95	68.20	7.16	0.16
25	70.0	5.0	491.70	529.35	37.65	4.91	−0.09
34	71.0	5.0	490.50	528.80	38.30	4.98	−0.02
53	74.0	4.8	497.00	532.92	35.92	4.77	−0.03
50	70.0	2.3	518.05	533.70	15.65	2.82	0.52
49	72.0	2.2	511.48	526.00	14.52	2.70	0.50
51	73.0	0.1	532.68	532.72	0.04	0.07	−0.03
E群	密封時の温度	65～69°C	$U=0.047w^{1.104}$				
53	67.0	5.2	473.95	544.30	70.35	5.19	−0.01
36	68.0	5.0	466.15	527.70	61.55	4.45	−0.05
55	67.0	4.8	464.12	537.00	72.88	5.32	0.52
56	66.0	3.1	504.27	540.50	36.23	3.93	0.83
48	67.0	1.9	524.35	540.15	15.80	0.99	−0.91
54	66.0	0.2	536.25	544.40	8.15	0.47	0.27
F群	密封時の温度	55～59°C	$U=0.013w^{1.268}$				
35	59.0	4.0	432.80	520.85	88.05	3.81	−0.19
31	58.0	3.0	449.15	528.50	79.35	3.39	0.39
32	56.0	3.0	470.60	536.95	66.35	2.69	−0.31
60	58.0	2.8	458.98	530.15	71.17	2.93	0.13
57	58.0	1.7	486.72	530.50	43.78	1.63	−0.07



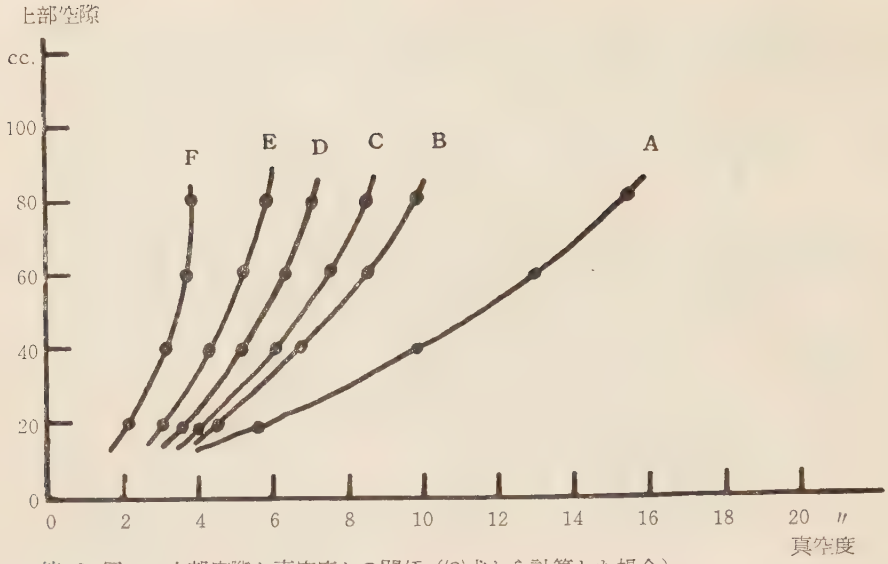
第 7 図　上部空隙と真空度との関係（水詰罐の場合）

—△— A群　—■— B群　—○— C群

—×— D群　—▲— E群　—●— F群



第 8 図　上部空隙と真空度との関係（水詰罐の場合）



第 9 図　　上部空隙と真空度との関係（(3)式から計算した場合）
密封時の温度：A群　92.5°C　B群　82.5°C　C群　77.5°C
D群　72.5°C　E群　67.5°C　F群　57.5°C

に脱気孔によつて脱気し，封罐密封した後，常法の如く加熱殺菌（8ポンド1時間30分）を行つた。上部空隙，真空度の測定等はすべて水詰罐の場合と同様の方法で行つた。

第 2 節　結 果 及 び 考 察

水詰罐詰（殺菌加熱の工程を行わない）の場合の結果は第6表および第7図，第8図に示すようである。

すなわち密封時の温度が同一温度の場合には，上部空隙が大きいほど罐内の真空度は大となつて，真空度と上部空隙との関係は実験的には

$$U = aw^b \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (7)$$

但しU＝真空度吋

w＝上部空隙cm³（注入水量）

a,b＝定数

式で示すことが出来る。

今，密封時の罐内温度を種々変えた場合の真空度と上部空隙との関係を求めると，その定数a,bは次の如くである。

群	密封時温度 °C	a	b
A	90 ～ 94	0.537	0.817
B	80 ～ 84	0.643	0.670
C	75 ～ 79	0.914	0.513
D	70 ～ 74	0.501	0.631
E	65 ～ 69	0.047	1.104
F	55 ～ 59	0.013	1.268

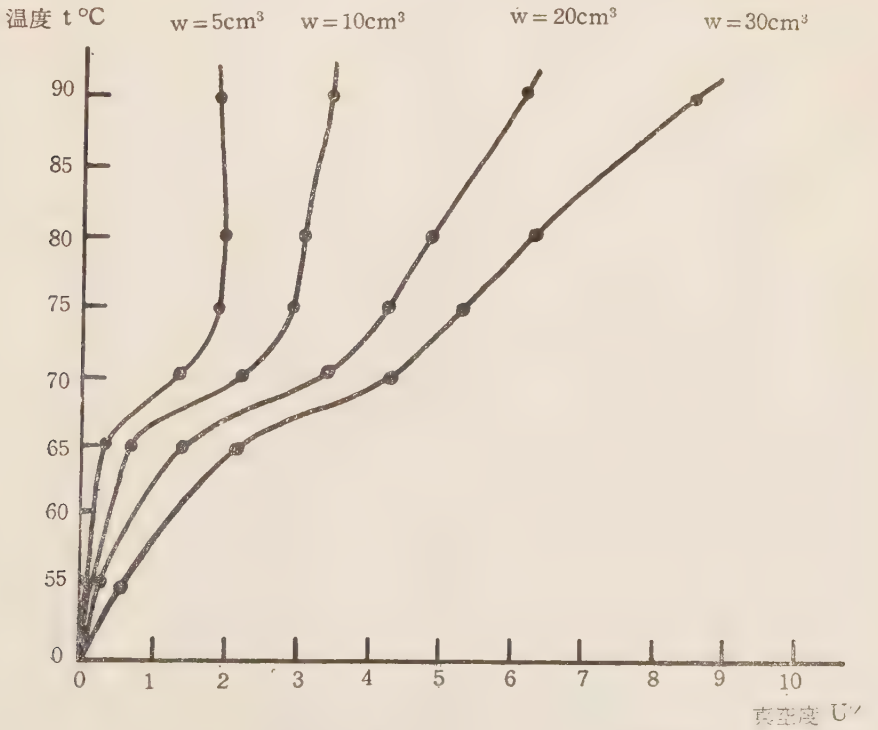
この(7)式による計算値と実測値の差は第6表に示すように比較的小さい。

この場合の上部空隙と真空度の関係を，岡田[3]が P.Chambellan の式にならつて計算した前述の(3)式を使用し，とりあえず罐詰の真空度測定の際に得た値 $V_{20°C}=450cm^3$，$a'=1.304\ cm^3/cmHg$，$b'=3.37cm^3/cmHg$とし，純水を使用したものとしてP_θを計算し，上部空隙と真空度との関係を示すと第9図に示すようになる。この図を第7図と比較すると，計算値（真空度）は高温度で密封した場合には小さく，低温度で密封した場合には高く出ているが，全体としてその傾向はよく一致している。このように実測値と計算値とで差異があるのは，罐の変形量a'を大きくしすぎた為であると思われるが，今後これらの計算上の仮定を吟味することが必要である。

次に(7)式中のw（上部空隙量）に5cm³，10cm³，20cm³，30cm³の値を与えると，それに対応する真空度（U）の値は第7表及び第10図のようになる。

第 7 表　上部空隙量から計算した水詰罐詰の真空度

真空度	上部空隙量				密封時温度
	$W=5\ cm^3$	$W=10cm^3$	$W=20cm^3$	$W=30cm^3$	
U_1	1.98	3.53	6.22	8.64	A群 (90—94°C.)
U_2	1.89	3.01	4.80	6.28	B群 (80—84°C.)
U_3	1.87	2.97	4.25	5.23	C群 (75—79°C.)
U_4	1.38	2.14	3.32	4.28	D群 (70—74°C.)
U_5	0.27	0.59	1.28	2.18	E群 (65—69°C.)
U_6	0.10	0.24	0.35	0.55	F群 (55—59°C.)



第 10 図　密封時の罐の温度と真空度との関係（水詰罐の場合）

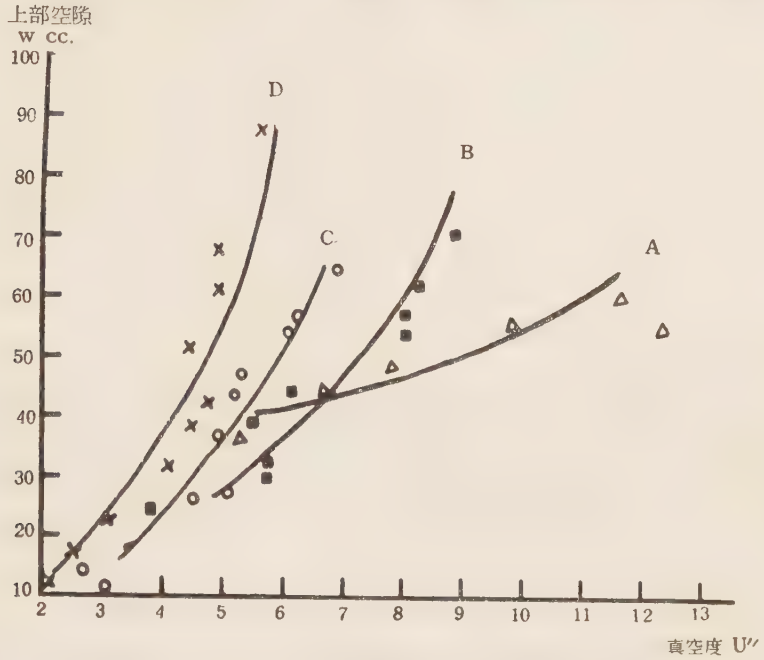
すなわち第10図から，水詰罐の場合には罐内温度が 65～70°C 附近で急激に真空度が増加することが見られる。また上部空隙が 5cm³の場合には，75°C以上の温度では殆んど真空度に対する温度の影響が認められず最高 2 吋以上の真空度とすることは不可能（脱気函による蒸煮脱気においては）であることが予想される。

第 8 表　イワシトマト漬罐詰の上部空隙量と真空度との関係

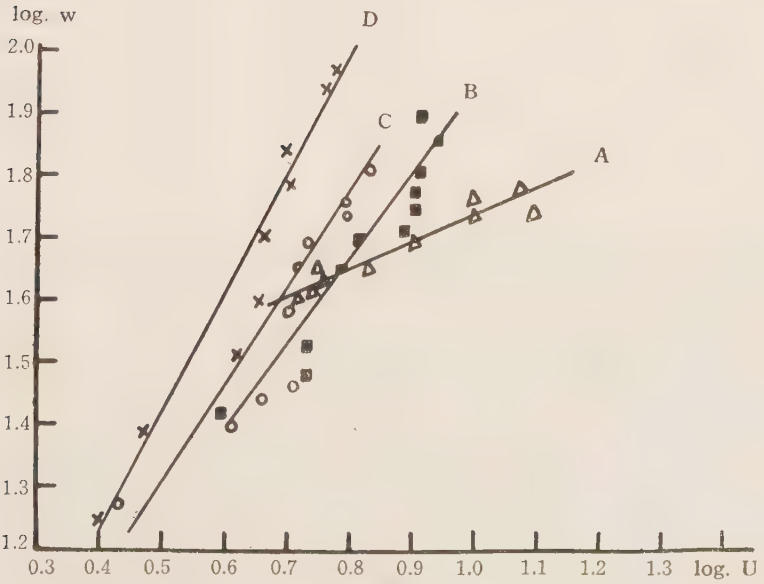
罐番号	真空度 U''	罐重量 Wg	水注入後の重量 W_1g	上部空隙 $W=W_1-W$cm³	計算上の真空度 U_1''	差 $U_1''-U''$
A群	密封時の温度	95～100°C	$U=0.0015w^{2.194}$			
34	12.5	528.9	584.7	55.8	10.20	−2.30
35	11.8	496.7	557.2	60.5	12.16	0.36
36	9.9	524.5	580.0	55.5	10.10	0.20
37	9.8	517.6	576.2	58.6	11.35	1.55
38	7.9	544.7	594.2	49.5	7.82	−0.08
39	6.8	550.5	596.0	45.5	6.50	−0.30
40	5.7	560.2	602.9	42.7	5.15	−0.55
41	5.6	555.7	600.5	44.8	6.28	0.68
42	5.4	565.8	607.0	41.2	5.24	−0.16
43	5.1	556.8	596.5	39.7	4.82	−0.28
B群	密封時の温度	85～90°C	$U=0.413w^{0.721}$			
23	8.8	497.0	570.0	73.0	9.11	0.31
24	8.2	519.0	582.6	63.6	8.25	0.05
25	8.1	511.2	590.0	78.8	9.26	1.16
26	8.0	528.5	587.5	59.0	7.81	−0.19
27	8.0	525.7	581.7	56.0	7.53	−0.47
28	7.9	533.6	583.7	50.1	6.95	−0.95
29	6.5	546.5	595.7	49.2	6.85	0.35
30	6.2	550.9	595.9	45.0	6.43	0.23
31	5.8	563.7	597.1	33.4	5.18	−0.62
32	5.8	557.4	588.2	30.8	4.89	−0.91
33	3.9	581.5	607.5	26.0	4.33	0.43
C群	密封時の温度	65～70°C	$U=0.688w^{0.552}$			
12	6.8	508.1	573.5	65.4	6.92	0.12
13	6.2	531.3	588.8	57.5	6.45	0.25
14	6.2	514.6	570.1	55.5	6.32	0.12
15	5.4	537.2	586.4	49.2	5.92	0.52
16	5.3	550.8	596.4	45.6	5.68	0.38
17	5.2	548.1	576.9	28.8	4.40	−0.80
18	5.1	556.4	594.9	38.5	5.17	0.07
19	4.6	546.2	573.4	27.2	4.27	−0.33
20	4.1	549.4	574.5	25.1	4.08	−0.02
21	3.1	574.2	586.6	12.4	2.77	−0.33
22	2.7	573.8	590.3	16.5	3.24	0.54
D群	密封時の温度	55～60°C	$U=0.706w^{0.478}$			
1	6.1	492.2	585.8	93.6	6.18	0.08
2	5.8	509.5	598.0	88.5	6.02	0.22
3	5.1	523.2	585.0	61.8	5.07	−0.03
4	5.0	504.8	574.3	69.5	5.37	0.36
5	4.9	556.6	599.2	42.6	4.24	−0.66
6	4.6	526.5	578.7	52.2	4.68	0.08
7	4.6	558.1	597.6	39.6	4.09	−0.51
8	4.2	545.9	578.5	32.6	3.73	−0.47
9	3.1	563.3	586.9	23.6	3.20	0.10
10	2.6	569.7	587.2	17.5	2.77	0.17
11	2.1	569.2	582.0	12.8	2.39	0.29

上部空隙10cm³以上の場合には，空隙の増すほど密封時の温度の真空度に対する影響が強く，温度の高いほど急激に真空度は増加している。

次に実罐（“なま詰法”によるイワシトマト漬罐詰）を使用して，同様に行つた結果は第8表および第11



第 11 図　　イワシトマト漬罐詰の上部空隙と真空度との関係



第 12 図　　イワシトマト漬罐詰の上部空隙と真空度との関係

図，第12図に示すようであつた。

すなわちトマト漬罐詰の場合においても水詰罐詰の場合と同じく，同一温度の場合には上部空隙が大きいほど真空度は大となり，その関係は実験的には$U=aw^b$式で示すことが出来る。

密封時の罐内温度を種々変えた場合の真空度と上部空隙の関係を次式$U-aw^b$で表わせば，その各定数a, bは次のようになる。

群	密封時温度 °C	a	b
A	95 ～ 100	0.0015	2.194
B	85 ～ 90	0.413	0.721
C	65 ～ 70	0.688	0.552
D	55 ～ 60	0.706	0.478

上部空隙と真空度との相関係数は

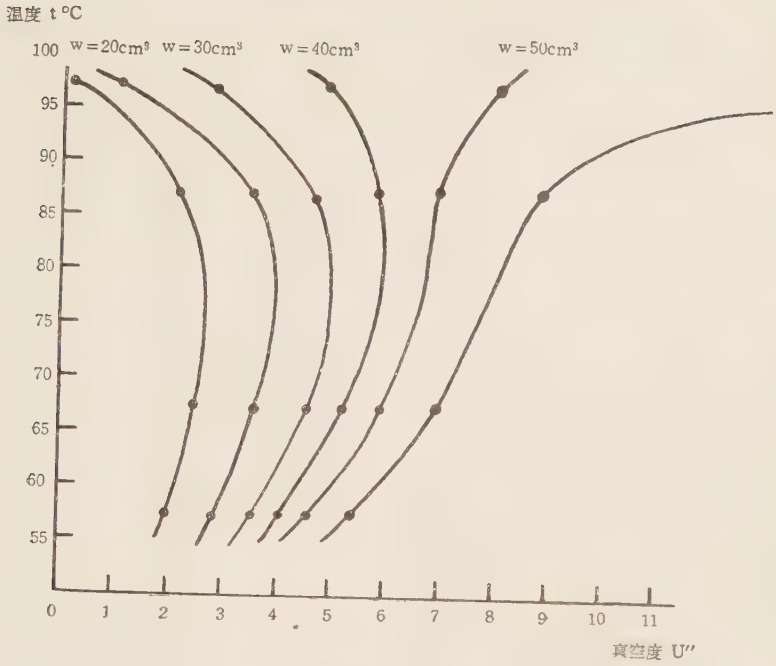
A群の場合　+0.931，B群の場合　+0.985，C群の場合　+0.917，D群の場合　+0.823であつて，いづれの場合にも密接な相関関係を示し，計算値と実測値との差は第8表に示すように僅少である。さらに上式中の上部空隙（w）に10cm³，20cm³，30cm³，40cm³，50cm³，70cm³の値を与えると，第9表および第13図に示すような結果となり，密封時の罐内温度が真空度に及ぼす影響を知ることが出来る。

第 9 表　　上部空隙から計算したイワシトマト漬罐詰の真空度

真空度	上部空隙量 $W=10$ cm³	$W=20$ cm³	$W=30$ cm³	$W=40$ cm³	$W=50$ cm³	$W=70$ cm³	
U_1''	0.23	1.07	2.87	4.85	8.01	16.75	A群 (95—100°C.)
U_2	2.17	3.58	4.80	5.88	6.93	8.89	B群 (85— 90°C.)
U_3	2.45	3.60	4.50	5.28	5.97	7.02	C群 (65— 70°C.)
U_4	2.12	2.96	3.59	4.11	4.58	5.38	D群 (55— 60°C.)

すなわち第9表，第13図から上部空隙が40cm³以下の場合には，ある一定の温度以上となると罐内真空度はかえつて低温度の場合よりも低下するような結果を示す。そしてこの時の温度は上部空隙10cm³～20cm³の場合は75°C～77.5°C，30cm³の場合は80°C，40cm³の場合は85°C附近である。

このことは，密封前に罐内容物をある温度以上に温めると，罐内容物の膨脹によつて密封時の空隙は零となり，開罐時の上部空隙は，冷却による罐内容物の収縮のみによつて生じたものであり，この時の真空度は罐蓋の歪みが元に復元しようとすることによつて生ずる真空度であると考えられるので，このようなことはあり得ない。事実さらに後に述べる上部空隙と罐内総量の関係からも明らかに見られるように，密封時の加熱温度が90°C以上の場合には，上部空隙が40cm³以下となることはあり得ず，また加熱温度が55°C～70°Cの場合には上部空隙が10cm³以下の場合はあり得ない。従つて密封時の罐内温度を90°C以上に保つたものは大体において真空度6吋以下のものは考えられず，また罐内温度75°C以上のものでは真空度2.5吋以下となることは考えられない。すなわち罐内真空度が2.5吋以下のものは密封直前の罐内温度が，いづれも75°C以下の場合であることが予想される。



第 13 図　イワシトマト漬罐詰の密封時の温度と真空度との関係

一方上部空隙がある一定値以上，すなわち40cm³ 以上となると，巻締時の罐内温度が高ければ高い程上部空隙の増加に伴う真空度の増加が大きくなる。

次に上部空隙と肉詰量等との関係を調査した結果を第10表，第14図に示す。

すなわち罐内総量と上部空隙との関係は極めて密接であり，その相関係数は

A群の場合　$r=-0.885$，B群の場合　$r=-0.985$，C群の場合　$r=-0.915$，D群の場合　$r=-0.960$であつて，逆の相関々係を示す。大沼[4]（'37）の鮭鱒罐詰における罐の総重量（g）と上部空隙（m.m）との相関係数が－0.57～－0.68の範囲であるのに比較すると，本実験の場合の相関係数は極めて高い。これは本実験においては罐詰の製法が一定であり，しかも上部空隙の測定方法等が前者と異つておるためであると考えられる。

さらに第14図から明らかなように，密封時の温度が高い程罐内総量に対する上部空隙の変化の割合が小さくなつている。これは罐内総量が少い場合には，低温度で密封する程罐内に残存する空気の量が多くなり，従つて殺菌加熱の際に罐内圧力が増加し，罐の蓋底に過度の変形を招いて，測定の際の上部空隙は低温度の場合程大となる結果を示す　また一方罐内総量が多く過度に肉詰された場合には，罐内の空気は充分に排除されておるので，殺菌加熱の際の影響は小さく，測定の際に示される上部空隙量は密封時の膨張された内容物が常温に冷却されたために収縮した結果に基くものであると思われるので，上部空隙は密封時の温度の低いほど小さく出現するためであろうと思われる。

次に肉詰量と固形量及び罐内総量との関係は第10表及び第15図に示すように大体比例して増減している

すなわち肉詰量 Pg と固形量 Sg との関係は大体直線的で $P=a+bS$ で示され，定数 a,b は原料イワシの成分，鮮度，脱水度，殺菌加熱の方法等によつて異るが，この実験に使用した鮮度の良好な比較的脂肪量の少い原料イワシ（水分75～76%，脂肪３～４%）で，常法の蒸煮脱水（95°C，50分），殺菌（８ポンド１時間30分）を施した“なま詰法”による場合は次の関係を示した。

第 10 表　イワシトマト漬罐詰の肉詰量と上部空隙との関係

	罐番号	密封時の温度 T	肉詰量 P	固形量 S	液量 L	罐内総量 $W=S+L$	上部空隙量 W
			g	g	g	g	cm³
D群	1	55°C～60°C	407.0	304.0	82.2	386.2	93.6
	2	〃	415.0	320.0	81.5	401.5	88.5
	3	〃	447.0	321.0	100.2	421.2	61.8
	4	〃	426.0	347.0	57.8	404.8	69.5
	5	〃	484.0	382.0	69.6	451.6	42.6
	6	〃	442.0	350.5	83.0	433.5	52.2
	7	〃	528.0	403.0	56.1	459.1	39.6
	8	〃	460.0	354.0	85.9	439.9	32.6
	9	〃	521.5	393.0	71.3	464.3	23.6
	10	〃	494.0	401.0	64.7	465.7	17.5
	11	〃	501.0	366.0	97.2	463.2	12.8
C群	12	65°C～70°C	409.0	315.0	89.1	404.1	65.4
	13	〃	424.0	301.5	118.3	419.8	57.5
	14	〃	425.0	331.0	81.6	412.6	55.5
	15	〃	441.0	345.5	91.7	437.6	49.2
	16	〃	462.0	368.5	76.8	445.3	45.6
	17	〃	453.0	373.0	68.1	441.1	28.8
	18	〃	483.0	371.0	79.4	450.4	38.5
	19	〃	473.0	390.0	56.2	446.2	27.2
	20	〃	473.0	379.0	73.4	452.4	25.1
	21	〃	500.0	411.0	53.2	464.2	12.4
	22	〃	537.0	419.0	51.8	470.8	16.5
B群	23	85°C～90°C	411.5	290.0	109.0	399.0	73.0
	24	〃	426.0	304.0	114.0	418.0	63.6
	25	〃	419.5	296.0	113.2	409.2	78.8
	26	〃	410.0	332.5	90.5	423.0	59.0
	27	〃	436.0	354.0	70.7	424.7	56.0
	28	〃	449.0	314.0	123.6	437.6	50.1
	29	〃	471.5	331.0	115.5	446.5	49.2
	30	〃	458.0	371.0	74.9	445.9	45.0
	31	〃	502.0	391.0	64.7	455.7	33.4
	32	〃	477.0	347.0	108.4	455.4	30.8
	33	〃	537.0	379.0	100.5	479.5	26.0
A群	34	95°C～100°C	511.5	362.0	53.9	415.9	55.8
	35	〃	405.0	282.0	113.7	395.7	60.5
	36	〃	455.0	352.0	66.5	418.5	55.5
	37	〃	447.0	339.0	75.6	414.6	58.6
	38	〃	459.0	371.0	68.7	439.7	49.5
	39	〃	483.0	335.0	116.5	451.5	45.5
	40	〃	503.0	350.0	111.2	461.2	42.7
	41	〃	501.0	386.0	68.7	454.7	44.8
	42	〃	495.0	351.0	105.8	456.8	41.2
	43	〃	505.0	348.0	110.8	458.8	39.7

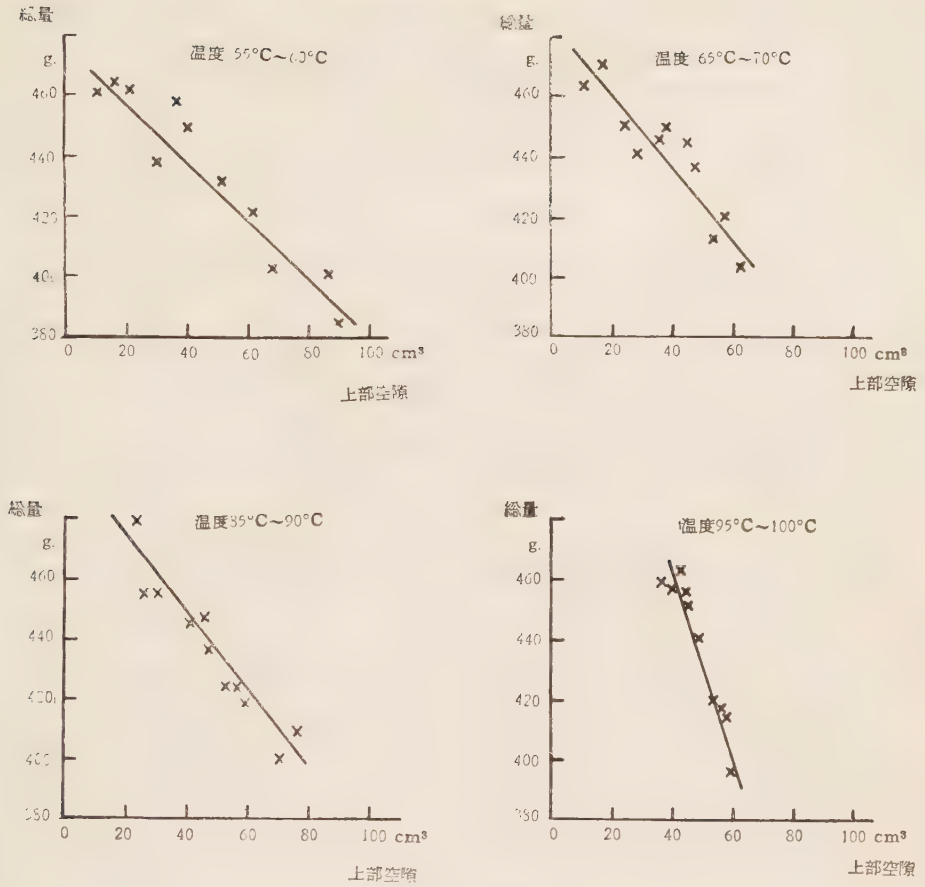
$$P=1.157\,S-66.08$$

または　$S=0.658\,P+43.56$

しかし肉詰量Pgと罐内総量Wgとの関係は第15図に示すように曲線をなし，

$$W=a+b\frac{1}{P}$$

の式で示され，その定数a,bはこの実験では　$a=701.6$，$b=-122010.2$であつた。すなわち肉詰量が増加するほど罐内固形量は直線的に増加するが，罐内総量はある点，すなわちこの場合には罐内総量450g，肉詰量475g附近からその増加の割合が著るしく減少し，肉詰量525g，罐内総量470g附近からは殆んど増加しなくな



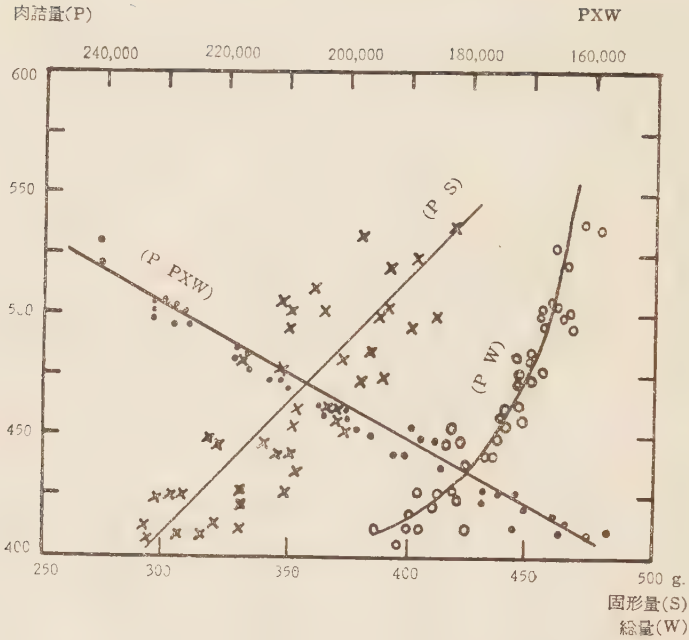
第 14 図　密封時の温度を異にした場合の罐内総量と上部空隙との関係（20°C）

る結果を示している。このことは罐内総量が450g（肉詰量475g）以上となる時には，固形量が増加しても液汁量が減少し，この場合の液汁の減少は巻締密封の際に，注入したトマト液が罐外にあふれ出るためであると考えられるので，罐詰製造に際し肉詰量475g以上とすることは，真空度を減少させるのみならず，巻締に際して注入トマト液をいたづらにすてることとなる。

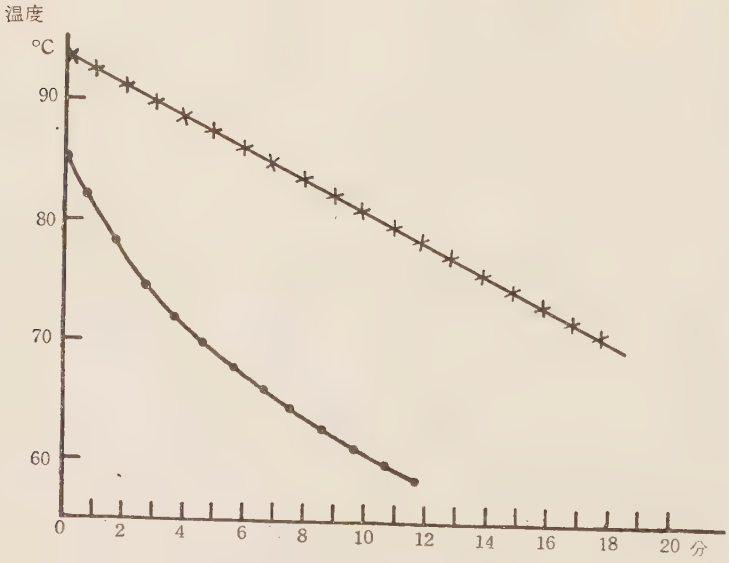
昭和14年当時におけるイワシトマト漬罐詰の輸出検査規則では，最低罐内総量は425gと規定してあるので，安全率を見て罐内総量を450gとしても，肉詰量を475g以上とすることは必要がないようである。他面肉詰量の過少は注入トマト液を多く消費する結果，経済上不得策である点は留意する必要がある。

次にイワシトマト漬罐詰製造の際には，蒸煮ボックスを出たものは直ちに脱水され，トマト液を注入後，巻締密封されるのであるが，一般には蒸煮ボックスを出てから巻締迄には1～2分間，まれには4～5分間を要する事があり，巻締機の故障その他の事故によつては，さらに長時間室温中で冷却されることもある。そこでこの時の罐内温度の低下状態を知るために，水銀寒暖計を罐の中心部と，罐の上部の魚体の腹腔内に挿入して，時間と温度低下の関係を測定した。その結果は第16図に示すようであつた。

もちろん罐内の温度低下の状態は罐の位置，罐内温度，外界の気温，湿度，風速等の諸条件によつて異るが，気温 18°C 内外で無風状態の室内に放置される時には，罐内中心部の温度低下は比較的に小さく，10分間に約12°C，1分間平均1.2°Cの速度で低下する。しかし罐内上部表面の魚体の腹腔内の温度は相当急速に



第 15 図　イワシトマト漬罐詰製造の際の肉詰量と罐内総量および固形量との関係



第 16 図　巻締前の罐内温度低下の状態
—×— 罐の中心部の温度
—●— 罐の上部の魚体内の温度

低下して，1分間で6°C，2分間で10°C，5分間では約20°Cも低下する。次に罐の上部空隙中の温度は測定出来なかつたが，恐らく2～3分間で殆んど室温にまで冷却されるものと予想される。

なお，長崎地方で一般に使用されている脱水用蒸煮ボックスは，蒸煮終了後一端を開放して，積み重ねた蒸煮枠を上段から順次取出して脱水する構造であり，下段に積まれた蒸煮枠中の罐詰は，対流作用によつて直接冷風にさらされ，著しく罐内気温及び内容物の温度を低下させる．実際操業中の巻締前の罐内温度測定の結果は，普通中心部で60°C～70°C内外のものが多く，其の上部空隙中の温度に至つては20°C～30°C内外のものが少くないので，“なま詰法”に基づく肉詰量の過多と共に真空度低下の一大原因をなし，イワシトマト漬罐詰の真空度の低いことが肯定される．

第 5 章　激動による罐の損傷と真空度におよぼす影響

イワシトマト漬罐詰はその積みおろしによる衝撃や輸送中の動揺等によつて，罐が損傷を受け，内容物が悪化する。しかも罐型および木函の構造上から，その損傷または悪変は円罐に比較して甚だ多い。またイワシトマト漬罐詰は一般に真空度が低く，上部空隙も小さいので，僅かの罐の凹みによつても著しく真空度が減少し，スプリンガー罐の発生に重大な関係がある．さらに罐詰肉の皮の剝脱，肉崩れ，液の漏洩等も，多くの場合輸送中の罐の動揺打撃等に起因することが多いと思われるので，衝撃または動揺による罐の変形，内容の悪変等の調査を行つた。

第 1 節　研　究　方　法

製法及び内容量の異つた第11表の罐詰を水詰罐と共に木函に詰め，普通の通り釘打ち後，針金を横２条に掛けたものを，1.5米の高さから「コンクリート」床上に落下させた

第 11 表　落下試験に使用したイワシトマト漬罐詰

罐番号	製　法	罐内総量	固形量	製造月日	
		g	g		
1	乾燥法	466.5	427.3	4.27. 1938	第１回実験
2	〃	446.6	423.1	〃	
3	〃	461.7	418.9	〃	
4	なま詰法	469.5	422.7	〃	
5	〃	479.1	443.2	〃	
6	〃	471.5	426.5	〃	
7	〃	449.0	396.0	4.25.	
8	〃	453.0	400.0	〃	
9	〃	461.0	415.0	〃	
10	〃	463.0	410.0	4.22.	
11	〃	448.0	391.0	〃	
12	〃	463.0	415.0	〃	
13	〃	–	–	〃	
14	〃	–	–	〃	
15	〃	–	–	〃	
16	〃	–	–	〃	
17	〃	–	–	〃	
18	〃	–	–	〃	
19	〃	–	–	〃	
20	〃	–	–	〃	
21	乾燥法	460.0	388.0	4.28.	第２回実験
22	〃	450.3	378.0	〃	
23	〃	462.6	401.0	〃	
24	なま詰法	469.0	427.0	〃	
25	〃	454.6	398.0	〃	
26	〃	–	–	〃	

第1回実験……函の底を下にして5回，次に側板を下にして5回落し，罐の損傷，内容物の状態を調査した。

第2回実験……函の蓋底を交互に下にして3回宛，次に側板を交互に下にして3回宛，計12回落下させて同様調査した。

木函は内法縦32.7cm×横44.5cm×深さ22.2cmで，妻板の厚み1.5cm，其の他1.2cmの内地松材製のものであつた。

第2節　結果ならびに考察

(i) 木函の破損状態

第1回試験で底を下にして落した時には函は破損せず，釘が緩む程度であつたが，側板を下にして落した時には3回目に針金が切れ，5回目に蓋および底の釘が離れ，函は完全に破壊した。第2回試験で蓋底を交互に下にして落下させた場合には，3回目に木函が壊れ始めたので，釘を打ちかえながら落下させた。木函は針金が切れると同時に破壊した。針金は木函を「コンクリート」上に落した時には切れやすく，特に函の梁線が床に当つた時にはたちまち切断して木函が破損するから，出来るならば函の積みおろしは板上で行い，かつこれを落す時は水平に底部を下にして静かに落すようにすべきである。

なお，函は蓋または底の一方にのみ水平に落す場合には壊れ難いが，側板を下にした場合，または蓋と底

第12表　罐詰に発生した凹みの位置と発生数

発生位置	発生数	%	備考
第1回試験			A部　函詰の際函の中央部に向く楕円罐の長径端の胴部
A部のみ	11	68.8	
B部のみ	2	12.4	B部　側板に接する楕円罐の長径端の胴部
A部＋B部	3	18.8	
A部計	(14)	(73.7)	C部　楕円罐の短径端の胴部
B部計	(5)	(26.3)	
C部	0	0	
蓋部	0	0	
底部	0	0	
発生しないもの	0	0	
全供試罐数	16	100.0	
凹みの数	(19)	(100.0)	
第2回試験			
A部のみ	14	48.8	
B部のみ	7	34.1	
A部＋B部	20	48.8	
A部計	(34)	(47.2)	
B部計	(27)	(37.5)	
C部	0	0	
蓋部	0	0	
底部	(11)	(15.3)	
発生しないもの	0	0	
全供試罐数	41	100.0	
凹みの数	(72)	(100.0)	

を交互に下にして落す時には極めて破損しやすい。これは罐詰用の木函は主として空罐輸送用の目的で作製されておるために，罐を木函に詰めた際，上部に約6粍，側部において縦に約5粍，横に7粍の空隙があるので，罐の動揺が甚しく，強い衝撃を受け破損するものであつて，罐型上特に側部を下にして落下する場合が最も甚しい影響を受ける。従つてこれを防ぐためには，木函の寸法を縮めるか，あるいは空罐輸送の関係上これ以上に木函の容積を減少することが出来ない場合には，実罐を函詰めした際，上部又は下部に板を敷き，かつ隔板を十文字に挿入すれば，罐の損傷を防ぎ，また木函の破損を軽減することが出来る。

（ii）罐の損傷状態

罐の凹みは函を水平に落す場合には比較的少く，側板を下にして落下する場合に多く発生する。この場合の罐の凹みの発生位置および発生数を示すと第12表のようである。

すなわち荷造りした罐詰を落下する時に発生する罐の凹みは，主として罐のA部（罐を函詰めした際に函の中央部に面する罐の長径端の胴部）およびB部（函の側板に接する罐の長径端の胴部）に多く，特にA部が多く過半数を占めている。B部は第1回試験では26%であつたが，第2回すなわち蓋と底を交互に下にして落した時には約38%に増加している。そしてB部の発生は第1回試験ではいづれも落下する時下側になる方に出来，反対の側には全く発生していない。また底部の凹みはB部に発生したものに附随して，B部の底部に出来るものが多く，これはB部に出来た凹みがさらに打撃を与えられて底部におよんだものと考えられ，また下の罐の巻締部が上の罐の底に衝突して凹んだものも多数認められた。

さらに蓋部およびC部（楕円罐の短径端の胴部）には2回の実験でともに全然発生しておらないので，蓋および罐の短径部に出来る罐の凹みは，巻締めおよび殺菌等の製造過程中に発生するものであると思われる。

罐の凹みは衝撃によつてA部，B部，底部等に発生するが，その形状は発生する場所によつて夫々特徴が認められる。すなわちA部に生ずるものは，隣合つている罐の巻締部に衝突して発生する凹みであつて，その凹みの中心は比較的罐胴の上部にあるので，凹みの傾斜は緩やかで浅い。しかし函板に接するB部に発生する罐の凹みは，罐のズレによつて下の罐の巻締部分に当つて発生するもの，および罐の下部が側板に直接当つて発生するもので罐胴の下部に多く，この部分は罐材の抵抗が最も弱い部分であるために，深く鋭角状に切込んだものが多い。次に底部に生ずるものは，B部に生じた凹みが更に打撃を受けて出来るものが多く，

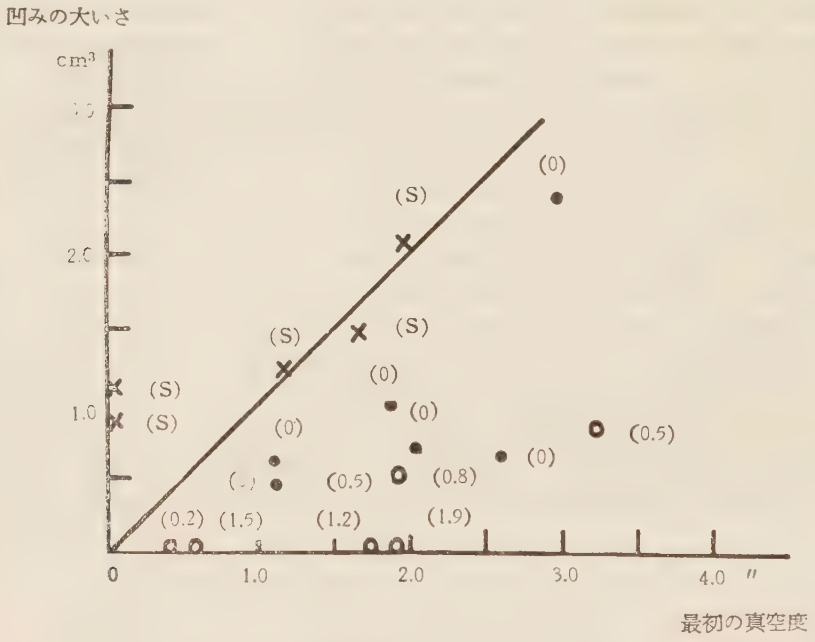
第13表　凹みの大きさと真空度の変化　(20°C)

罐番号	凹みの大きさ	初めの真空度（計算による）	凹み後の真空度	
	cm^3	吋	吋	
1	0	1.95	1.9	凹み後の真空度は真空度計で測定した
2	2.37	3.01	0	
3	0.59	1.10	0	
4	0.49	1.06	0	
5	0.85	0	スプリンガー	
6	0	0.42	0.2	
7	0.55	1.92	0.8	
8	0	1.80	1.2	
9	1.22	1.21	スプリンガー	
10	1.06	1.89	0	
11	0.68	2.64	0	
12	0.36	1.33	0.5	
13	0.84	3.32	0.5	
21	1.50	1.66	スプリンガー	
22	2.08	1.96	スプリンガー	
23	0	0.52	1.5	
24	1.03	0	スプリンガー	
25	0.71	2.04	0	

また下の罐と上の罐が良く重り合つておらない場合，下の罐の巻締部が上の罐の底部に当つて出来るような場合が多く，凹みの形は深く鋭い場合が多い。

(iii) 罐の凹みと真空度およびスプリンガー

罐の1部が衝撃によつて凹みを生じた場合には真空度は減少し，もしその凹みが上部空隙に比較して大きい時には，膨脹又は「スプリンガー」現象を呈する。イワシトマト漬罐詰は他の罐詰類に比較して，上部空隙が極めて小さくまた真空度も低いので，僅かの罐の凹みによつても真空度は甚しく影響を受け，スプリンガー現象を起すことも他の罐詰類に比較すると甚だ多い。この実験での罐の凹みと真空度測定の結果は第13表，第17図に示すようであつた。



第 17 図　罐の凹みの大きさと真空度との関係
(S)：スプリンガー罐を示す，(　) 内の数字は凹み後の真空度を示す

すなわち打撃前の罐内真空度が2～3吋（20°C）と推定されるものでも，0.5～2.0cm³の僅少な罐の凹みによつて，試験罐15罐中11罐は真空度0となり，内「スプリンガー」となつたものが5罐を示した。なお試験罐18罐中真空度を有するものは7罐あつたが，この内4罐は殆んど罐の凹みを示さないものであり，他の3罐は打撃前の真空度に比較してその凹みの量は甚だ小さいものである。もちろん罐の凹みによる真空度の変化は，罐内の真空度の高さのみによるものではなく，上部空隙の大きさによつても強い影響を受けるものであるが，この実験の結果からは，第17図に示すように，罐の凹み（cm³）数が凹む前の罐の真空度（吋）数，もしくはそれ以上を示す時には，罐は軽度の「スプリンガー」となるものと思われる。

(iv) 内容物の状態

罐詰を落下した場合の内容物の肉崩れ，皮剝ぎ，液の濁渦状態等におよぼす影響を見るために，対照品とこれ等の罐詰品の肉眼的観察の結果（表略す）を比較したが，その結果は一方向にのみ落下した第1回の実験の場合には，製法および肉詰量等に関係なく，これらの状態に対する影響は僅少のように見えた。しかし交互に落下させた第2回実験の場合においては，かなり甚だしい影響を受け，特に“なま詰品”において甚

だしく，殆んど全部が剝皮し，液汁は渾濁して，商品とならない状態を呈した。しかし“乾燥法”によるものは皮の剝離も少く，液汁の渾濁も軽微で，比較的良好な結果を示した。

第 6 章　イワシトマト漬罐詰の検査等級と品質との関係

イワシトマト漬罐詰は戦前輸出検査の際にチョイス，スタンダード，格外および廃品の 4 等級に区別されて，各等級毎に格差が設けられていた。この等級決定に関係する検査項目は罐の表示，罐の外観，品位，トマト液，内容量ならびに包装の 6 項目について夫々肉眼的検査を行うものであるが，罐の表示，罐の外観，および包装の 3 項目は適当な注意を払うことによつて検査規定に合格し得るものである。また品位，トマト液，ならびに内容量の各項目については，その等級決定に具体的な科学的数値を示すことは困難で，検査員の主観によることが多い。しかし具体的にその品質の如何なる事項が，どの程度に検査等級に影響を及ぼしているかを明らかにすることは，製造業者及び技術指導者の最も要求するものであり，またイワシトマト漬罐詰の品質向上におよぼす影響も極めて大きいことは明らかである。しかし，このような製品の優劣に関して科学的研究を行つたものは少く，僅かに梅宮，二戸[8]（'38）および川口[9]（'38）等が発揮性窒素に関して行つた報告が見られる程度である。そこで本報告では製品の化学的成分のみならず，肉詰量，肉詰状態等の肉眼的検査事項も，その検査等級にどのような影響をおよぼしているかを推察しようと試みた。

第 14 表　供　試　罐　詰　の　一　覧　表

検査等級	罐番号	罐記号	製造月日	工場	製造地	観察月日	製法
チョイス	1	-L	1.25.1938	A	長崎	10.27. 1938	なま詰法
	2	-L	1.27. 38	B	〃	10.29. 38	油ちよう法
	3	-M	2.22. 38	A	〃	10.20. 38	なま詰法
	4	-M	3. 1. 38	A	〃	11. 7. 38	〃
	5	-L	4.11. 38	C	〃	11.17. 38	乾燥法
	6	-M	4.25. 38	D	〃	12. 6. 38	なま詰法
	7	-L	4.27. 38	E	〃	8.28. 38	乾燥法
	8	-L	5. 7. 38	E	〃	8.12. 38	なま詰法
	9	-M	5. 8. 38	D	〃	12.21. 38	〃
	10	-L	5.21. 38	D	〃	12.21. 38	〃
スタンダード	11	-M	2. 1. 38	F	〃	11.24. 38	なま詰法
	12	-M	2.12. 38	D	〃	10.31. 38	〃
	13	-M	2.17. 38	B	〃	11. 1. 38	油ちよう法
	14	-L	2.25. 38	B	〃	11. 4. 38	〃
	15	-L	3.25. 38	G	〃	11. 8. 38	乾燥法
	16	-M	3.26. 38	D	〃	12.15. 38	なま詰法
	17	-M	3.31. 38	D	〃	11.10. 38	〃
	18	-L	4.10. 38	G	〃	11.11. 38	乾燥法
	19	-M	5. 4. 38	F	〃	11.21. 38	なま詰法
	20	-L	5. 7. 38	E	〃	8.15. 38	〃
格外	21	-M	3. 3. 38	B	〃	12.14. 38	油ちよう法
	22	-M	3.11. 38	B	〃	12.13. 38	〃
	23	-L	4.24. 38	E	〃	8. 6. 38	なま詰法
	24	-L	4.24. 38	E	〃	8.16. 38	〃
米国品	25	SL 3T / H 21	?	San Carlos Canning co	Monterey Calif. U.S.A.	9.28. 38	?
	26	IH 8 / 16 T	?	?	〃	9.29. 38	?
	27	G T / 6 B 10	?	E.B.Gross Cannig co.	〃	9.30. 38	?

第 1 節　研　究　方　法

（i）材　料

昭和13年 1 月から 5 月中に長崎県内で製造され，日本輸出罐詰業水産組合長崎検査所で検査格付された 1 ポンド罐詰を，製造時期，製造工場に関係なく蒐集し，さらに参考品として米国加州産イワシトマト漬罐詰を開罐比較した。

（ii）製品の調査

まず真空度計で真空度を測定し（20°C），開罐後，肉詰状態，形態等を調査する。次に液汁および魚体に附着するトマトを充分に滴下させた後，固形肉は色沢，硬度等を検査し，液汁は液の混濁状態等を見て後遠心分離機に掛け，遊離脂肪とトマトおよび水溶液の 3 部に分離してその容量の比率を見た。また水分，揮発性塩基窒素等は，固形肉の場合は 1 罐分をチョッパーに掛け，その一部を使用して常法により測定を行い，液汁は分離した遊離脂肪を除去した後の，水溶液およびトマトを良く混合して分析試料とした。

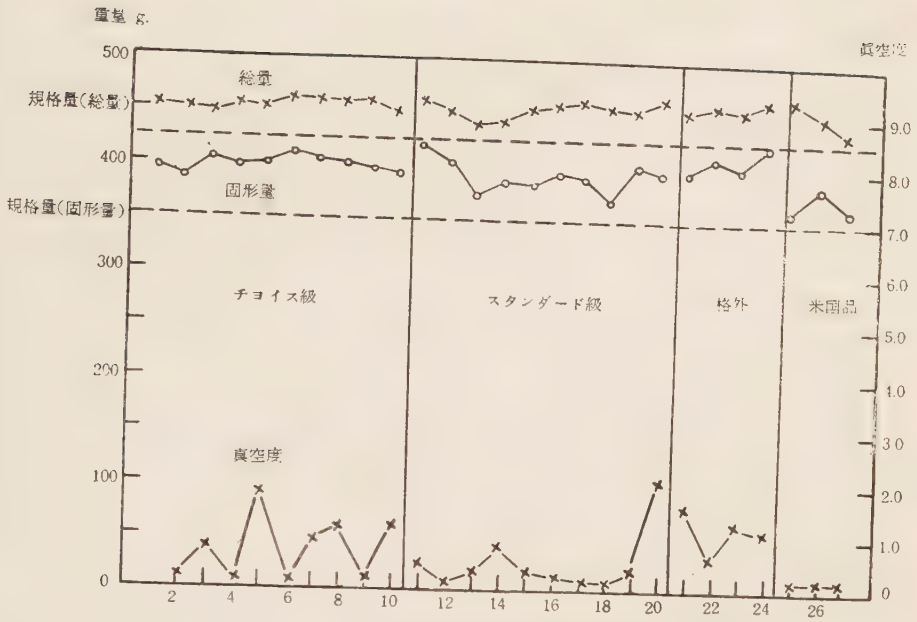
第 2 節　結　果　な　ら　び　に　考　察

（i）真空度，液量および固形量

真空度，液量および固形量等の調査の結果は第15表及び第18図に示す。

第 15 表　検査等級と真空度，内容量等との関係

等　級	罐番号	真　空　度	固　形　量	液　量	罐　内　総　量
		吋	g	g	g
チョイス	1	−	398	58	456
	2	0.2	389	65	454
	3	1.6	403	46	449
	4	0	397	60	457
	5	1.8	399	57	456
	6	0	408	58	466
	7	0.9	402	62	464
	8	1.2	400	63	463
	9	0.2	396	68	464
	10	1.2	389	72	461
	平　均	0.7	398.1	60.5	459.0
スタンダード	11	0.5	419	44	463
	12	0	405	50	455
	13	0.3	373	68	441
	14	0.8	384	63	447
	15	0.3	382	76	453
	16	0.2	396	63	459
	17	0	389	74	463
	18	0	368	90	458
	19	0.3	399	53	452
	20	2.0	392	74	466
	平　均	0.4	390.7	65.5	456.2
格　外	21	1.5	399	54	453
	22	0.5	406	54	460
	23	1.2	400	56	456
	24	1.0	417	49	466
	平　均	1.05	405.5	53.2	458.7
米　国　品	25	0	360	108	468
	26	0	352	98	450
	27	0	368	72	435
	平　均	0	358.3	92.7	451.0



第 18 図　イワシトマト漬罐詰の検査等級と真空度および内容量の関係

すなわち第15表，第18図に示すように，罐詰の真空度と等級との間には明瞭な関係は認められない。ただチョイス級はスタンダード級に比較して真空度は僅に高いようであるが，格外品は却つてチョイス級より高く，また優良品である米国品は3罐とも真空度は全然示さなかつた。もちろんトマト漬罐詰の真空度は，貯蔵中化学的変化によつて，徐々に減少するもので，本試験は検査後3～6カ月以上を経過しておるために，格付当時とは差異があるとも思われるが，上表から考察する時には，罐内真空度はそれが膨脹もしくはスプリンガー現象を呈しない限り，等級格付にはあまり強い影響をおよぼしておらない。

罐内総量はチョイス，スタンダード，格外ともに440g～466gの範囲内で，平均457g内外を示し，その間に特別の差異が認められず，米国品も大体同様の結果を示した。

しかし液量および固形量では各罐毎に相当の差異があり，その間に一定した傾向を認めることは困難であるが，チョイス級では液量46～72g，平均60gで大体一定した数量を示し，スタンダード級は44～90g，平均65gで幾分チョイス級より多く，格外級は49～56g，平均53gで著しく少い。米国品はこれに反して液量が多く72～108gで，国内品に比較して2～3倍である。一方固形量においては米国品は平均358g内外で，検査規格量である350g附近を示すが，国内品は368～417g，平均396g内外を示して極めて多く，最も少いもので18g，多いものは67gも規格量より過量であつた。このため液量は検査規格上適量と認められた75gに達するものは極めて少い。もちろん検査規格の最低固形量350g以上を保持することは必要であるが，固形量の多いことは製品の歩留り，品質，真空度等に悪い影響を与えるので，固形量を減少させ，液量特に遊離脂肪量を増加させることが緊要である。

（ii）魚体の状態

内容物の魚体に関しては肉詰尾数，肉詰状態，魚の形態，色沢，剝皮，肥瘦，肉色，肉質の硬度等に関して肉眼的観察を行つた。肉詰状態，形態，色沢等に関しては最上品を4とし，最も悪いものを0として記録した。結果は第16表に示す。

肉詰尾数は各罐毎に多少の相違があるが，平均肉詰尾数は米国品5.3尾，チョイス級12.5尾，スタンダード級13.0尾，格外級15.0尾で，大体において肉詰尾数の少いほど，すなわち魚体の大となるものほど等級は良

第 16 表　検査等級と罐内容物の肉眼的観察結果

等級	罐番号	肉詰尾数	肉詰の状態	魚の形態	光沢	皮剝の数	肉割れの数	魚体の肥満	肉色	肉質の硬度
チョイス	1	12	••••	••••	••••	5	2	••	•••	•••
	2	12	••	•••	••••	1	3	••	•••	•••
	3	13	••••	••••	••••	0	1	•••	•••	•••
	4	14	••••	••••	••••	1	3	•••	••	••
	5	12	••••	••	••••	5	0	••	••	•
	6	14	••	••	••••	8	4	•••	•••	•••
	7	12	•••	••••	••••	1	0	•••	•••	•••
	8	11	••••	••••	••••	4	3	••	••	•••
	9	14	••	••••	••••	10	0	•••	•••	•••
	10	11	••••	••••	••••	8	1	••••	•••	•••
	平均	12.5	3.3	3.7	4.0	4.3	1.7	2.7	2.7	2.7
スタンダード	11	13	••	•	•••	9	5	••••	••	•••
	12	13	••••	•	••	3	0	••	•••	•••
	13	16	••••	••	••••	4	4	•	•••	•
	14	12	••	••	••••	4	3	•••	••	••
	15	11	••••	•••	••	3	0	•••	••	•
	16	15	••	••	••	10	6	•••	••	•
	17	15	–	••	••	8	3	•	•	•
	18	11	•	••	•••	4	6	•••	•	•
	19	13	••	••	••	13	8	•••	•••	•••
	20	11	••	••	••	4	4	••	•	•
	平均	13.0	2.3	1.9	2.6	6.2	3.9	2.5	2.0	1.7
格外	21	17	–	–	–	15	0	•	•	•
	22	17	–	–	–	14	0	•	•	•
	23	12	–	–	•	12	5	•	••	•
	24	14	••	–	••	4	9	•	••	•
	平均	15.0	0.5	0.0	0.7	11.2	3.5	1.0	1.5	1.0
米国品	25	6	••	•••	•	6	0	••••	••	•••
	26	5	••••	••••	•	5	0	••••	••	•••
	27	5	••	••	•	5	0	••••	••	•••
	平均	5.3	2.7	3.0	1.0	5.3	0	4.0	2.0	3.0

備考

肉詰の状態，魚の形態，光沢

•••• 良好
••• 稍良
•• 普通
• 稍不良
– 不良

魚体の肥満

•••• 肥
••• 中肥
•• 中
• 痩

肉色

••• 白色
•• 稍黄色
• 黄色

肉質の硬度

••• 適度
•• 硬
• 軟弱

くなる傾向を示している。特に米国品は1尾平均67.6gで，検査品中の最大なもの（試験罐No.5）の1尾平均36.3gの約2倍に近い値を示した。

肉詰状態は開罐した時と，皿にあけた後の肉詰状態を肉眼的に見た結果であるが，その平均はチョイス級3.3，スタンダード級2.3，格外0.5で米国品は2.7を示した。標本平均の差の検定[10]を行つたところ，5％の危険率ではチョイス級とスタンダード級との間には有意の差は認められなかつたが，スタンダードと格外級との間には有意の差が認められ，肉詰状態の良，不良は検査等級に相当の影響をおよぼしていることが示された。

形態とは魚体各個の切り口の状態，腹切れの状態等を肉眼的に検査した結果であるが，その平均はチョイス級3.7，スタンダード級1.9，格外級0.0，米国品3.0を示し，標本平均の差の検定の結果は5％の危険率で，チョイス，スタンダード，格外の各級の間に有意の差が認められ，等級の下るほど形態の不良のものが増加し，特に腹切れの如きはチョイス級は1罐平均0.6尾に対してスタンダードは4.5尾，格外は13.7尾と激増し，検査格付けに魚体の形態が重大な影響をおよぼしていることが判明する。魚体の形態は調理の巧拙にかなり影響されるが，特に原料魚の鮮度，製造時期における原料魚の成分，製造方法等によつて，製造中または製

造後に甚だしい影響を受け，腹切れ，切り口の肉崩れ等を示すものであるから，この点に関心を払うべきである。

色沢はイワシトマト漬罐詰特有の黄金色を呈し，光沢のあるものを良好（4）とし，皮剝げその他の原因で光沢のないもの，あるいは甚しく汚染されたものを不良（0）とした。チョイス級ではすべてが良好で平均4.0を示し，これに対してスタンダード級は2.6，格外級は0.7を示し，標本平均の差の検定の結果は，チョイスおよびスタンダードの間には5％の危険率で有意の差が認められ，スタンダードと格外の間には有意の差は認められなかつた。米国品は製造後数カ年を経過したもので，殆んど全部剝皮しており，色沢はよく判定出来ないが，開罐の際色沢による不快感は全く感ぜられなかつた。

剝皮については魚体中1カ所でも剝皮のあるものは，これを剝皮1尾として算出した。平均の剝皮尾数はチョイス級4.3尾，スタンダード級6.2尾，格外11.2尾と等級の下るほど剝皮尾数は増加している。平均値の

第17表　液汁の状態と遊離脂肪量

等級	罐番号	液の状態	トマト色	液量（重量）	液量（容量）	液汁内訳 脂肪量	液汁内訳 水溶液	液汁内訳 トマト	液汁内訳比率 脂肪量	液汁内訳比率 水溶液	液汁内訳比率 トマト
				g	c.c.	c.c.	c.c.	c.c.	%	%	%
チョイス級	1	良好	良好	58	54.5	7.0	28.6	18.9	12.8	52.5	34.7
	2	〃	普通	65	61.9	6.7	42.0	13.1	10.8	68.0	21.2
	3	〃	良好	46	40.9	1.3	23.6	16.0	3.2	57.7	39.1
	4	〃	〃	60	54.0	3.4	27.8	22.8	6.3	51.5	42.2
	5	〃	〃	57	52.6	1.2	36.8	14.6	2.3	69.9	27.8
	6	〃	〃	58	54.8	4.0	33.9	16.9	7.3	61.9	30.8
	7	〃	普通	62	60.5	6.9	29.1	24.5	11.4	48.1	40.5
	8	〃	〃	63	60.3	9.8	31.2	19.3	16.2	51.7	32.0
	9	普通	良好	68	61.4	7.5	30.0	23.1	12.2	48.9	38.9
	10	良好	〃	72	72.0	12.8	31.2	28.0	17.8	43.3	38.9
	平均	良好 9 普通 1	良好 7 普通 3	60.9	57.3	6.06	31.43	19.8	10.4	54.9	34.7
スタンダード級	11	普通	普通	44	46.0	8.9	21.9	9.2	22.3	54.7	23.0
	12	〃	〃	50	47.4	5.9	33.4	10.1	8.2	70.5	21.3
	13	不良	〃	68	63.2	0.3	52.2	10.7	0.4	82.6	17.0
	14	普通	〃	63	58.7	1.1	38.4	19.2	1.9	65.4	32.7
	15	良好	良好	76	72.9	1.1	45.7	26.1	1.5	62.7	35.8
	16	〃	〃	63	58.6	0.7	37.2	20.7	1.2	63.5	35.3
	17	普通	普通	74	73.2	0.5	54.1	18.6	0.7	73.9	25.4
	18	〃	良好	90	86.2	1.0	53.4	25.8	1.2	66.5	32.3
	19	不良	普通	53	50.3	11.7	25.5	13.1	23.3	50.7	26.0
	20	良好	〃	74	70.6	7.2	37.8	25.6	10.2	53.6	36.2
	平均	良好 3 普通 5 不良 2	良好 3 普通 7	65.5	61.5	3.64	39.96	17.91	5.9	65.0	29.1
格外級	21	不良	不良	54	50.1	0.1	34.1	15.9	0.2	68.1	31.7
	22	〃	普通	54	50.6	0.3	39.4	10.9	0.6	77.8	21.6
	23	普通	〃	56	56.4	1.7	38.5	16.2	3.0	68.3	28.7
	24	不良	〃	49	45.5	1.7	30.1	13.7	3.7	66.1	30.2
	平均	普通 2.5 不良 7.5	普通 7.5 不良 2.5	53.2	50.6	0.95	35.52	14.17	1.9	70.2	27.9
米国品	25	良好	不良	108	106.7	52.6	37.9	16.2	49.3	35.5	15.2
	26	〃	〃	98	97.7	62.5	31.1	4.1	63.9	21.9	4.2
	27	〃	〃	72	68.7	33.5	27.2	8.0	48.7	39.6	11.7
	平均	良好 10	不良 10	92.7	91.0	49.53	22.07	9.43	54.4	35.2	10.4

差の検定結果は5％の危険率でチョイス，スタンダードの間には有意の差は認められなかつたが，スタンダードと格外との間には有意の差があることを示した。なお，剝皮の性質も高級品ほど良好で，等級の下るほど不良となり，剝皮による不快感を強く与えるようになる。

魚体の肉割れは平均1罐中に2～3尾混在するが，検査等級については形態，色沢，剝皮ほど強い影響は与えておらない。

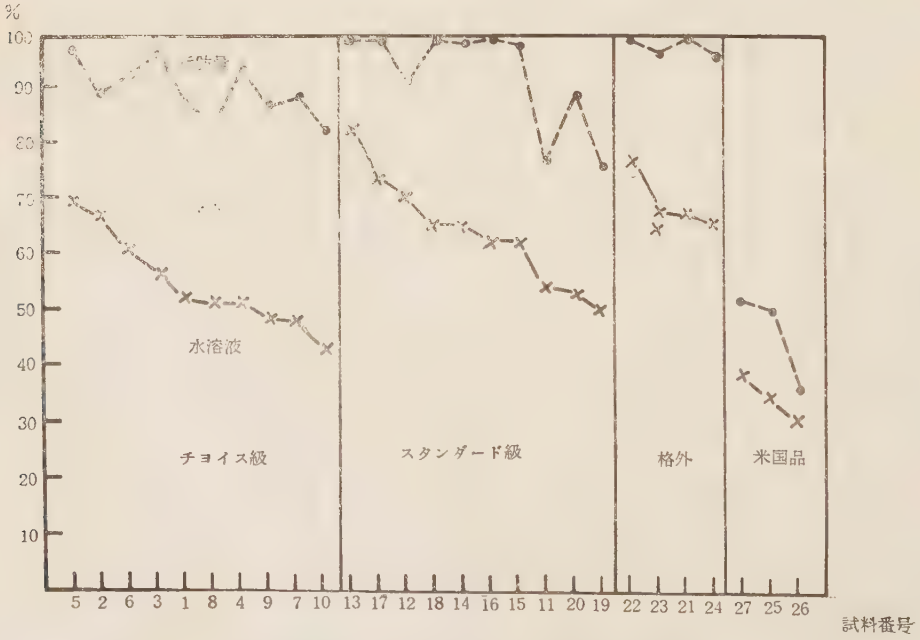
魚体の肥痩は肉眼的に見て肥，中肥，中，痩の4段階に区別したが，その結果は魚体が肥満しておるものほど等級は良好であり，痩魚を用いた場合には良品を作ることは不可能のようである。

魚体の肉色は，脂肪分が多く鮮度の良好のものほど白色を示すようで，製造後時日の経過に伴つて幾分黄色味を帯びて来る傾向が見られる。魚体の肉色は等級格付に比較的大きな影響を与えておるようで，チョイス級では白色7割，稍々黄色3割に対し，スタンダード級では白色3割，稍々黄色4割，黄色4割，格外では白色のものは無く稍々黄色5割，黄色5割と白色のものが減じて黄色のものが増加している。

次に魚体に適量の水分と多量の脂肪とを含有しておる場合には，肉質に弾力性のある適度の硬さがあつて優良であるが，脂肪が少く水分の多いものは肉繊維に弾力性がなく，軟弱となつて不良である。チョイス級では適当な硬さを持つものが8割を占めているが，スタンダード級では僅かに3割となつて軟弱なものが6割と増加し，格外級では全部の製品が軟弱となつている。肉質の軟弱もまた検査等級の格付に重大な影響を与えていることが明らかである。

(iii)　液汁の状態と遊離脂肪量

液汁の状態はこれをビーカーに取り，透明で色沢の良好なものは良とし，溷濁又は色沢の不良なものを不良とした。その結果は第17表に明らかなように，チョイス級は良好9，普通1に対して，スタンダード級は良好3，普通5，不良2となり，格外級は普通2.5，不良7.5と良好なものが減少し不良のものが増加している。またトマト色はチョイス級では良好なものが大多数を占めているが，スタンダードおよび格外では普通品が大多数を占め不良品が増加している。



第19図　　イワシトマト漬罐詰の検査等級と液の組成

次に遊離脂肪量と液汁の組成割合は，液汁を遠心分離機に掛けて，遊離脂肪と水溶液およびトマトの3層に分離して，その組成割合を調査した．その結果は第17表および19図に示す如く，等級の良好なものほど遊離脂肪とトマト量は増加し，水溶液の割合は減少している．特に優良品と目される米国品は，極めて遊離脂肪量が多く，チョイス級の7～8倍を示し，格外級に対しては実に20～50倍の脂肪量を含有しておる状態であつた．遊離脂肪量の組成率の平均値の差の検定を行つた結果は，5%の危険率で各等級の間に有意の差が認められる．このような液汁の量および組成割合は，製造法および肉詰量によつても顕著な影響を受けるが，製造時期すなわち原料魚の成分によつて大きな影響を受けておるものと考えられ，少くとも1罐中の遊離脂肪量は平均6.0cc以上で，液汁量の10%（容量）以上を保留することが必要であると思われる。

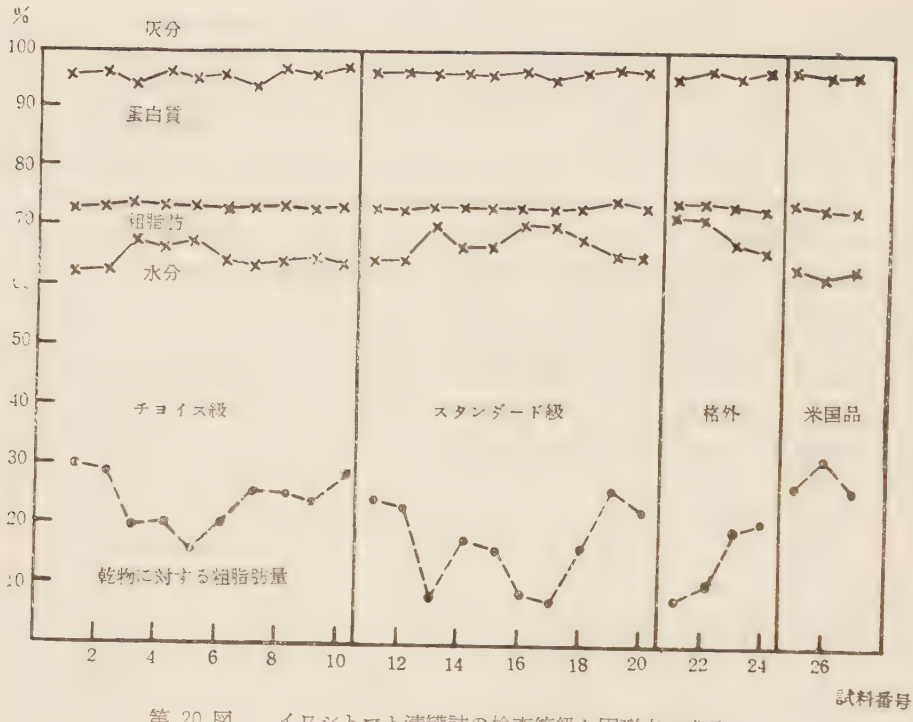
(iv) 固形肉の成分と検査等級

固形肉中の水分，粗脂肪量，全窒素量，灰分等の測定結果は第18表および第20図に示すようであつた．

固形肉の成分中最も差異のあるものは水分と脂肪含有量である．全窒素および灰分量には等級による差異は殆んど認められず，全窒素は平均3.5～3.6%内外で僅かに格外品が0.2%内外少く，また灰分量も3.5%内外を示してこれまた格外品が0.2%内外多い結果を示すのみである．

第18表　検査等級と固形肉の成分量との関係

等級	罐番号	水分量	粗脂肪量	乾物に対する粗脂肪量	全窒素量	灰分量	製造月日
		%	%	%	%	%	
チョイス	1	63.64	11.26	30.71	3.50	3.52	1. 25
	2	63.76	10.68	29.47	3.57	3.37	1. 27
	3	68.69	6.39	20.41	3.36	3.96	2. 22
	4	67.93	6.50	20.27	3.57	3.38	3. 1
	5	68.98	5.24	16.89	3.57	3.59	4. 11
	6	66.33	6.99	20.70	3.72	3.43	4. 25
	7	63.83	9.56	26.43	3.40	5.36	4. 27
	8	65.50	8.98	26.03	3.66	2.64	5. 7
	9	65.76	8.43	24.62	3.59	3.37	5. 8
	10	64.46	10.36	29.15	3.57	2.99	5. 21
	平均	65.86	8.44	24.47	3.55	3.56	
スタンダード	11	65.11	8.63	24.73	3.65	3.45	2. 1
	12	65.28	8.26	23.79	3.65	3.65	2. 12
	13	71.66	2.56	9.03	3.57	3.59	2. 17
	14	67.99	6.15	19.09	3.65	3.25	2. 25
	15	67.71	5.64	17.47	3.65	3.84	3. 25
	16	71.35	2.84	9.91	3.55	3.62	3. 26
	17	71.50	2.11	7.40	3.57	4.20	3. 31
	18	68.92	5.52	17.76	3.57	3.37	4. 10
	19	66.55	9.85	27.02	3.79	2.91	5. 4
	20	66.15	7.89	23.30	3.58	3.58	5. 7
	平均	67.90	5.94	17.95	3.62	3.55	
格外	21	72.51	2.24	8.14	3.40	4.00	3. 3
	22	72.32	2.83	10.22	3.39	3.66	3. 11
	23	68.50	6.35	20.10	3.34	4.27	5. 24
	24	67.55	7.03	21.66	3.58	3.04	4. 24
	平均	70.22	4.61	15.04	3.43	3.74	
米国品	25	64.45	9.80	27.57	3.65	2.94	
	26	62.78	11.92	32.11	3.43	3.88	
	27	64.44	9.33	26.21	3.65	3.42	
	平均	63.89	10.36	28.96	3.58	3.41	



第 20 図　　イワシトマト漬罐詰の検査等級と固形肉の成分

水分，粗脂肪は各罐詰において相当の相違を示しているが，等級によつてもまた相当の差異を示し，優良品は水分量が少く粗脂肪が多く，等級の低下に伴つて水分量が増加し，粗脂肪が減少している傾向をおしている。しかし，これ等の各等級を通じて，等級および製法の如何に関係なく，製造時期，すなわち製造原料の成分によつて影響を受けておる傾向が見られる。すなわち固形肉の成分（水分，粗脂肪，全窒素，灰分）のみの点からいえば，チョイス級は最も米国品に近く，特に7月下旬から8月上旬までの時期に製造された製品はチョイス級のみならず，スタンダード級のものでも，ある程度米国品に近い品質を示すものと認めうるようである。

しかし，水分含有量は米国品平均63.9%に対し，チョイス級65.9%，スタンダード級67.9%，格外70.2%を示し，米国品が最も優良であるとすればチョイス級は約2%，スタンダード級は約4%，格外は実に6.4%も水分量が多く，反対に脂肪量は米国品平均10.4%に対してチョイス級8.4%，スタンダード級5.9%，格外4.0%と実に2.0%～6.4%も少い。もし脂肪量が多くともチョイス級に合格するものと認めたいが，脂肪量の少いものはチョイス級に合格することは困難で，少くとも固形肉の脂肪量として平均8%以上の脂肪が必要であるように認められる。なお，固形肉脂肪量の平均値の差の検定を行つたところ，チョイス級とスタンダード級の間には1%の危険率で有意の差が認められたが，スタンダード級と格外級との間には有意の差は認められなかつた。

（v）　揮発性塩基窒素量と等級との関係

揮発性塩基窒素量と等級との関係は第4表および第21図に示した。

固形肉中の揮発性塩基窒素量の平均値の差の検定を行つた結果は，チョイス級とスタンダード級との間にはこのような危険率で有意の差が認められ，スタンダード級と格外級との間には有意の差は認められなかつた。

すなわち，固形肉中の揮発性塩基窒素量はチョイス級では平均21.6mg%を示し，スタンダード級の平均30.1mg%，格外級の平均35.0mg%に比較して揮発性塩基窒素がかなり少く，原料鮮度が良好であつたこと

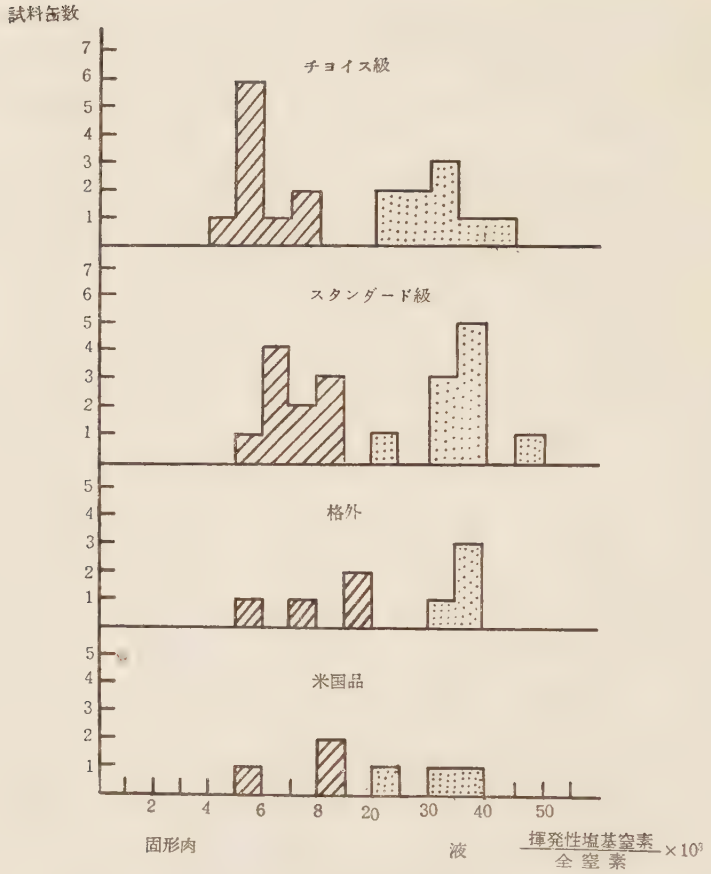
第 19 表　検査等級と揮発性塩基窒素量との関係

等級	罐番号	固形肉 揮発性塩基窒素量 $V.N.$	固形肉 全窒素量 $T.N.$	固形肉 $\frac{V.N.}{T.N.}\times 10^3$	液汁 揮発性塩基窒素量 $V.N.$	液汁 全窒素量 $T.N.$	液汁 $\frac{V.N.}{T.N.}\times 10^3$
		mg.%	mg.%		mg.%	mg.%	
チョイス	1	20.74	3.50	5.92	34.32	1.04	33.00
	2	18.30	3.57	4.33	35.75	1.04	34.38
	3	17.16	3.36	5.11	26.46	1.14	23.21
	4	20.74	3.57	5.81	30.03	1.07	28.07
	5	27.17	3.57	7.61	44.33	1.23	36.33
	6	25.03	3.72	6.73	33.81	1.17	28.72
	7	20.02	3.40	5.89	24.67	1.07	23.06
	8	26.74	3.66	7.31	34.32	1.00	34.32
	9	20.74	3.59	5.78	44.33	1.06	41.82
	10	19.30	3.57	5.41	–	–	–
	平均	21.59		5.99	34.20		34.30
スタンダード	11	25.74	3.65	7.05	38.61	1.22	31.64
	12	31.46	3.65	8.62	42.90	1.18	36.36
	13	24.31	3.57	6.81	40.57	1.07	37.92
	14	30.75	3.65	8.43	48.62	1.07	45.44
	15	22.88	3.65	6.07	36.47	1.18	30.91
	16	22.17	3.55	6.24	27.17	1.15	23.63
	17	30.03	3.57	8.41	47.19	1.18	39.96
	18	27.17	3.57	7.61	42.90	1.22	35.16
	19	24.31	3.79	6.42	40.76	1.22	33.41
	20	21.45	3.58	5.99	33.61	0.93	36.14
	平均	26.13		7.16	39.98		35.06
格外	21	30.75	3.40	9.04	45.05	1.22	36.92
	22	20.02	3.40	5.91	45.05	1.22	36.92
	23	25.73	3.39	7.59	42.19	1.21	34.87
	24	27.16	3.58	7.60	38.60	1.04	37.11
	平均	25.92		7.56	40.39		36.44
米国品	25	20.02	3.65	5.49	25.03	1.14	21.94
	26	29.09	3.43	8.77	35.04	1.21	28.96
	27	32.18	3.65	8.82	35.04	1.00	35.04
	平均	27.09		7.69	31.70		28.64

を示している。また全窒素に対する比も，チョイス級平均5.99%で，スタンダード級7.16%，格外級7.56%に対してかなり低い値を示している。梅宮(7) ('38) 等の研究結果によれば，チョイス級の平均は6.95%，スタンダード級は8.67%であるが，今回試験した罐詰は比較的に揮発性塩基窒素量が少く，原料鮮度の良好なことを示している。これは長崎県産のものは他府県産のものに比較して製造工場が漁場に近く，原料鮮度が良好であること，大部分の製法が“なま詰法”によるために，製造工程中の鮮度低下を防いでおることに基くものと思われる。液汁中の揮発性塩基窒素の量は固形肉に比較して含有量が多いが，やはりチョイス級は最も少く，等級の低下に伴つて増加している。米国品は固形肉中の揮発性窒素の量は多いが液汁中には少く，固形肉の含有量と大差がない。このことは製品を貯蔵中に，漸次固形肉と液との成分が混合融和されて均一化して来るためであると思われる。

(vi) 総　括

罐詰の検査等級は種々の観点から考察され，その綜合された結果から格付されるものであるから，単なる肉詰状態や脂肪量，液汁等の個々の観点が，その検査等級に如何なる影響を及ぼしているかを決定すること



第 21 図　検査等級と揮発性塩基窒素量との関係
▨……固形肉　▩……液

は極めて至難な問題であり，また今回行つた実験もその資料が僅少であるので，このような 2 ～ 3 の小結果から結論を得ようとするのは甚だ早計に失するかも知れない。しかし以上のような事実からでも，大体において次のような事柄はいい得られるようである。

(1) 真空度はそれがスプリンガーあるいは膨脹等を呈しない限り，罐詰の検査等級にはあまり関係しない。特に長崎地方のトマト漬罐詰では，その製法に“なま詰”方法が多く，肉詰量が多いので，大多数のものは 0 ～ 1 吋内外（20°C）で，2 吋以上を呈するものは殆んど見られない。

(2) 内容総量は大体一定で，等級による差異は認められない。固形量は検査規定に比較して甚だ多量であつて，従つて液量が一般に少い。チョイス，スタンダード間には液量の差は見られないが，格外品は特に液量が少く固形量が多過ぎるように思われる。

(3) 肉詰尾数は 1 罐の肉詰尾数の少いほど，すなわち魚体の大なるものほど等級は良好となる。

(4) 肉詰状態，魚の形態および色沢，肉色，魚体の肥満度，肉質の硬度等は強く検査等級に影響している。特に肉詰状態はスタンダードと格外との間に，形態は各等級間に，色沢はチョイスとスタンダードとの間に，皮剝はスタンダードと格外の間に有意の差が認められた。これらはいづれも原料魚の成分，鮮度および製造工程中の取扱いによる影響が大きいものであることを示している。

(5) 魚体の肉割れはその等級にはあまり影響しない。これは製造方法により影響されるもので，乾燥法，

油煤法のものには少く，“なま詰”法のものに良く現われるようである。

(6) 液汁の状態も検査等級に強く影響して，明らかに各等級の格付に有意の差が認められる。等級の良好なものほど遊離脂肪量が多く，またトマト色も強く影響している。これは主として原料魚の成分および注入トマトケチヤップに影響されるものである。

(7) 固形肉は脂肪量が多く，水分の少いものが良い等級を得ている　これは原料魚によつて左右されるが，無水物に対する脂肪量が15～16%以上あればチヨイス級となる可能性はあるようである。脂肪量はチヨイス級とスタンダード級との格付には影響するが，格外とスタンダード級との間には影響が見られない。

(8) 揮発性窒素量も等級の低下するほど増加し，原料の鮮度が検査等級に影響していることが知られる。揮発性窒素量も脂肪の場合と同様にチヨイス級とスタンダード級との間に有意の差が認められるが，スタンダードと格外との間には差異は認められなかつた。

今これらの結果を表示すれば第20表のようになる。

第 20 表　イワシトマト漬罐詰の輸出検査等級に影響する各種の要因

要因＼等級	チヨイス	スタンダード	格外	備考
真空度	○	○	○	製法
全重量	○	○	○	〃
固形量	○	○	○	〃
液汁量	○	○	●	〃
肉詰尾数	○	○	●	原料
肉詰状態	○	○	●	製法
魚の形態	○	◑	●	製法及び原料
色沢	○	●	●	〃
皮の剝離状態	○	○	●	製法
肥痩	○	○	●	原料
肉色	○	●	●	〃
肉質硬度	○	◑	●	〃
肉割状態	○	○	○	製法
液（遊離脂肪量）	○	◑	●	原料
肉質中の脂肪量	○	●	●	〃
揮発性塩基窒素量	○	●	●	製法及び原料

すなわちこの表から一見して感じられることは，チヨイス級とスタンダード級との格差を生ずる要因の大部分は，製造操作に関係するものではなくて，原料であるイワシおよび注入トマト液の品質の影響による場合が多い。之に反して格外とスタンダード級においては，原料の影響も見られるが，製造操作がかなり強く影響していることが判る。勿論この場合は供試罐数が少く，かつ調査項目は肉眼的観察事項に基くものが多いので，確実のことは断言出来ないが，この調査の範囲内では，製造工程中に如何に深甚な注意を払つても，原料魚およびトマトの品質が不良な場合には，チヨイス級に合格することは極めて困難である。しかし製造工程中に注意を払うことによつて，格外級のものはこれをスタンダード級とすることは可能である。すなわちチヨイス級とスタンダード級の間には必然的な本質上の差異があるが，スタンダード級と格外級との間の格差は製造工程という人為的な影響が多分に認められる。

第 7 章　魚体の肉色と鮮度および脂肪量の関係

魚体の肉色は先に述べたように，イワシトマト漬罐詰の検査等級に大きな影響を与えているが，この魚体の肉色と原料魚の鮮度および成分特に脂肪量との間には密接な関係があるように思われる．魚体の肉色と鮮度との関係については，既に川口[9] ('38) 等が研究して，揮発性窒素量と魚肉の色調との間にはある程度の相関々係が認められている．この研究では肉眼的に観察した魚体の肉色と原料鮮度および脂肪量との間に関係があるか否かを調査した。

第 1 節　研　究　方　法

肉色は魚体の背骨に沿つて 2 つに割り，その時の肉色を肉眼で白色，稍々黄色，黄色の 3 群に大別し，揮発性塩基窒素は通気法により，脂肪量は常法により測定した．なお供試材料はいづれも前述した罐詰の検査等級と品質に関する研究に使用したものを用いた。

第 2 節　結　果　お　よ　び　考　察

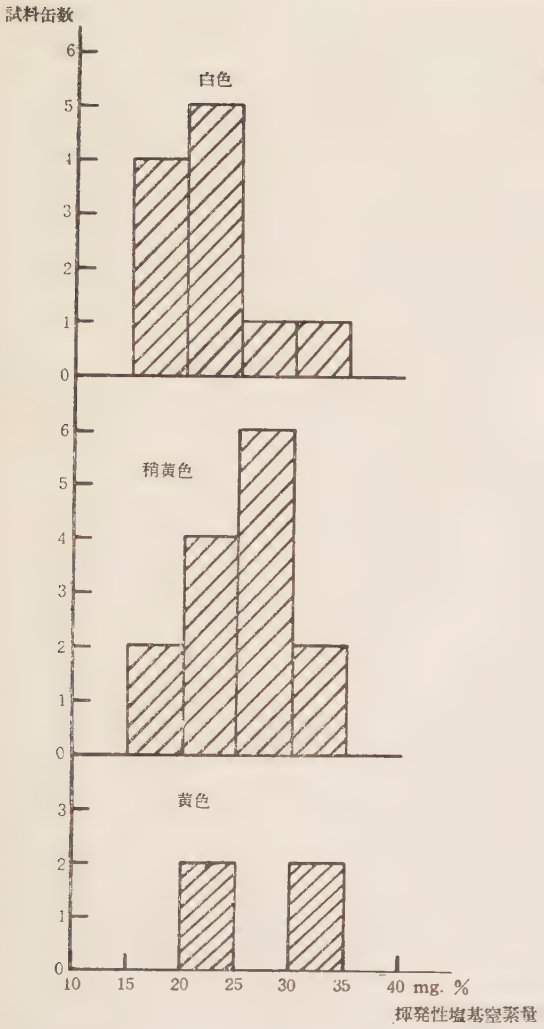
結果は第21表および第22図，第23図に示す。

第 21 表　肉色と筋肉中の脂肪含有量および揮発性塩基窒素量との関係

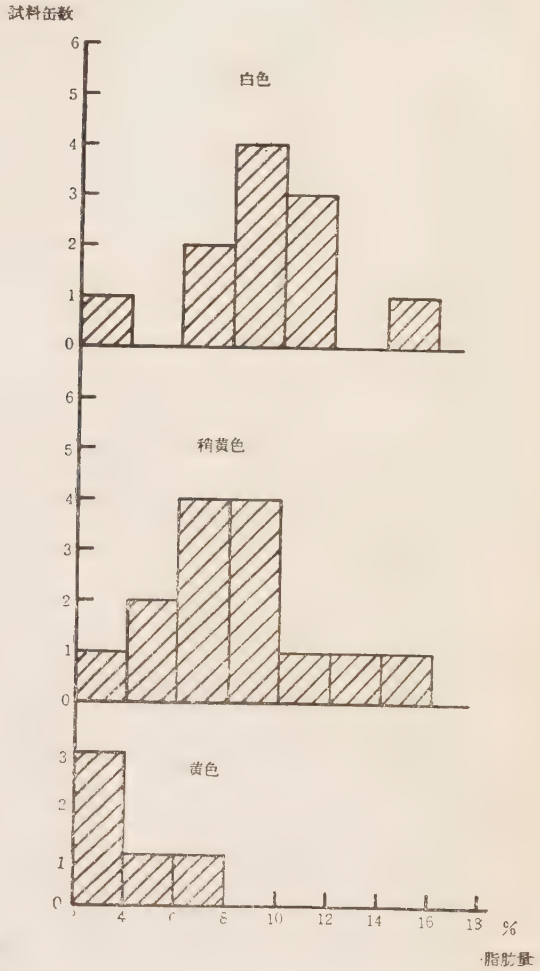
肉　色	罐番号	揮発性塩基窒素量	粗脂肪量	乾物に対する粗脂肪量
		mg.%	%	%
白　色	3	17.16	6.39	20.41
	2	18.30	10.68	29.47
	1	20.74	11.26	30.71
	6	25.03	6.99	20.76
	7	20.02	9.56	26.43
	9	20.74	8.43	24.62
	10	19.30	10.36	29.15
	12	31.46	8.26	23.79
	13	24.31	2.56	9.03
	19	24.31	9.85	27.02
	28	17.87	15.01	38.36
	平　均	21.75	9.03	25.43
稍々黄色	4	20.74	6.50	20.27
	5	27.17	5.24	16.89
	8	26.74	8.98	26.03
	11	25.74	8.63	24.73
	14	30.75	6.15	19.09
	15	22.88	5.64	17.47
	23	25.73	6.35	20.16
	24	27.16	7.03	21.66
	25	20.02	9.80	27.57
	26	29.09	11.95	32.11
	27	32.18	9.33	26.21
	29	17.87	13.44	35.34
	30	17.16	14.95	39.22
	16	22.17	2.84	9.91
	平　均	24.70	8.34	24.04
黄　色	17	30.03	2.11	7.40
	20	21.45	7.89	23.30
	21	30.75	2.24	8.14
	22	20.02	2.83	10.22
	18	–	5.52	27.76
	平　均	25.88	4.12	13.36

揮発性塩基窒素量と肉色の関係は第21表および第22図で見られるように，黄色度の増加するほど揮発性塩基窒素量が増加している。しかしこれらの平均値の差の検定をすると，5％の危険率では各群間に有意の差を認めることは出来なかつた。

次に魚体の肉色と脂肪量との関係は第21表および第23図に示すようである。白色群において極端に脂肪の少いNo. 13，および稍々黄色群において脂肪量の最も多いNo.30は，Thompson の棄却検定法[7]を用いて検定したところ棄却することは出来なかつた。これらの 3 群の平均値は白色群＝9.03％，稍々黄色群＝8.34％黄色群＝4.12％を示し，これらの平均値の差の検定を行つたところ，白色群と稍々黄色群とでは有意の差を示さなかつた。稍々黄色群と黄色群とでは，5％の危険率で有意の差を示し，魚体の肉色に脂肪量が影響をおよぼしていることを示している。



第 22 図　イワシトマト漬罐詰の肉色と筋肉中の揮発性塩基窒素量との関係



第 23 図　イワシトマト漬罐詰の肉色と筋肉中の脂肪量との関係

第 8 章　原料イワシに関する研究

既にイワシトマト漬罐詰の検査等級と品質との関係の項で，罐詰の品質には原料イワシの肥満度および成分量，特に脂肪量の多少が極めて強く影響していることが述べられた。長崎県産の大羽マイワシは普通12月下旬または1月上旬から漁期に入り，漁獲当初の大羽マイワシは肥満して脂肪量が多く，生殖腺は未熟で，罐詰原料として好適であるが，3月上旬から4月上旬に漁獲されるものは水イワシと称され，放卵によつて魚体は著しく痩瘠して脂肪量が少く，罐詰原料としては不適当で，煮干イワシまたは塩乾イワシに適している。ついでこの大羽マイワシは年によつて異るが，普通4月中旬となれば漸次回復して，再び罐詰原料として好適となるが，産卵前のものに比較すれば，鮮度および肉質は著しく低下し，漁獲数量も減少して，6月上，中旬となれば殆んど終漁となるものである。すなわち長崎県の大羽マイワシはその漁期が産卵期の前後に亘

り，かつ漁場，漁法も異るので，その体型，成分等に相当の変動があり，これに適応する製法，品質管理等の研究が重要である。しかし原料マイワシの成分等の変動に関する研究は極めて少いので，僅少な資料ではあるが，長崎県産大羽マイワシの罐詰製造期間中における，魚体の体型，肥満度，歩留り，成分等の変遷状況を調査し，その大体の傾向を推察することが出来たと思われるので，その結果を取まとめた。

第 1 節　研　究　方　法

材料は昭和13年 1 月17日（ 1 月12日初漁）から同年 5 月 3 日迄に長崎市魚市場に水揚げされたものから，任意に10～30尾宛を採取し，常法に従つて体長，体重，歩留り（頭部および内臓除去のものであるが生殖腺は含む），肉質の水分，脂肪量等を測定した。なお，この年における長崎県下の大羽マワイシ漁況は，幾分例年と異つて，産卵期は早く，かつ長期間継続し，一般に痩型であると称せられた。

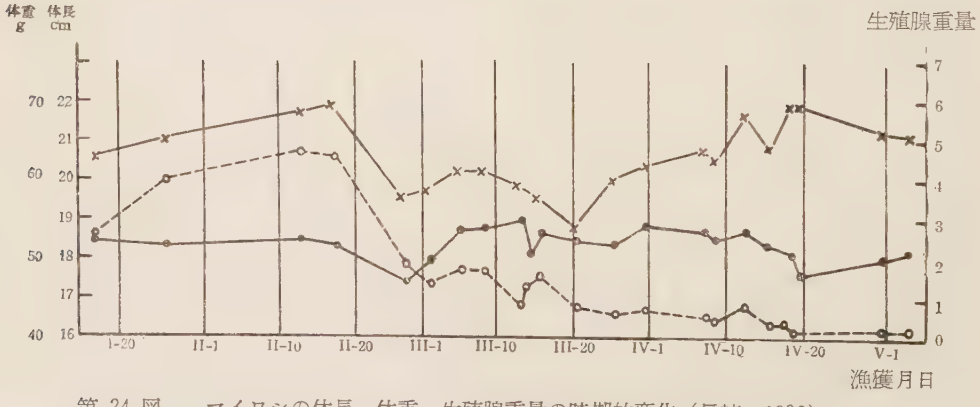
第 2 節　結　果　な　ら　び　に　考　察

（ i ）体　　長

漁獲時期別による平均体長の変化は第24図に示し．体長頻度は第22表および第25図に示す。すなわち全漁

第 22 表　　長崎県産マイワシの体長頻度

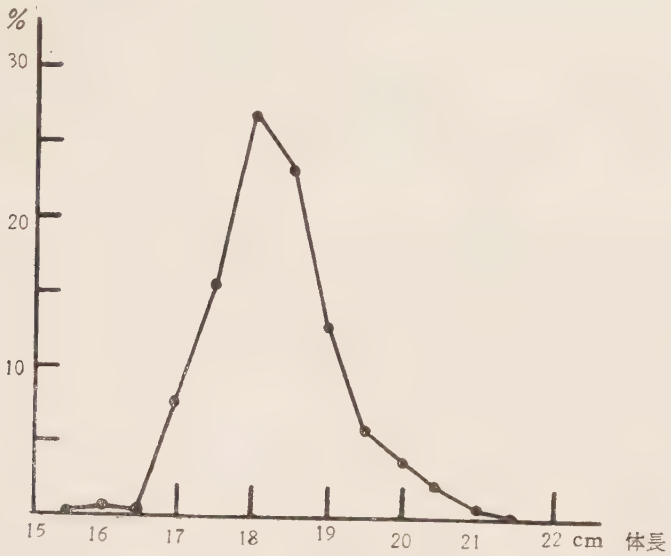
漁獲月日	I	〃	II	〃	〃	III	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	IV	〃	〃	〃	〃	〃	V	〃	計
体長	17	26	13	17	26	2	6	8	13	14	15	20	25	31	7	8	12	15	18	19	1	3	
16.0cm					1																		1
16.5																							0
17.0					3	3			1	4	2	2			1			2	1	3	6	3	31
17.5	2	7	2	3	5		2		1	5	3	1	3	1	1	3		5	7	3	6	3	63
18.0	5	8	2	2	1	4	7	2	4	6	3	7	7	6	4	5	8	5	2	6	7	8	109
18.5	5	3	2	2		2	5	6	3	5	4	4	8	4	9	6	5	2	3	7	4	3	92
19.0		5	3	3		1	3	3	2		5	3	1	4	1	4	2	4	2	2	1	2	51
19.5	1	1	1				2		4		1	1	1	2	2	1	2	1		3		1	24
20.0	1	1						1	4			2			1	1	3	1			1		16
20.5	1						1		1		1			3									7
21.0											1				1								2
計	15	25	10	10	10	10	20	12	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	15	24	25	20	396
平均値	18.97	18.48	18.64	18.37	17.45	18.00	18.74	18.83	19.11	18.04	18.70	18.54	18.39	18.93	18.74	18.56	18.79	18.44	18.15	17.68	18.06	18.23	cm



第 24 図　　マイワシの体長，体重，生殖腺重量の時期的変化（長崎，1938）

—●—平均体長　—×—平均体重（18cm級のもの）　—○—平均生殖腺重量

期を通じて，体長には著しい変化はなく最大21.1cm，最小16.2cm，平均18.31 ± 0.86cmで，朝鮮産マイワシ(11)の平均16.8～18.9cmに比較して大きく，千葉県内湾イワシ(12)の平均19.18cmよりは小さいが，外洋性イワシ群の銚子，大原方面，あるいは北海道の噴火湾方面に比較すれば甚だ大きく，我国におけるイワシトマト漬罐詰原料としては最大の体長を持つマイワシ群であると云うことが出来る。調査試料396尾中18.0～19.0cmの範囲のものが50%以上を占め，17.5～19.5cmのものは全体の約80%を占めている。



第25図　マイワシの体長頻度（長崎，1938）

（ii）体　　重

調査期間中における体重の頻度は第23表，第26図に示す。すなわち全漁期を通じての体重の最大は102g最小38g，平均は64.02±9.82gであつた。

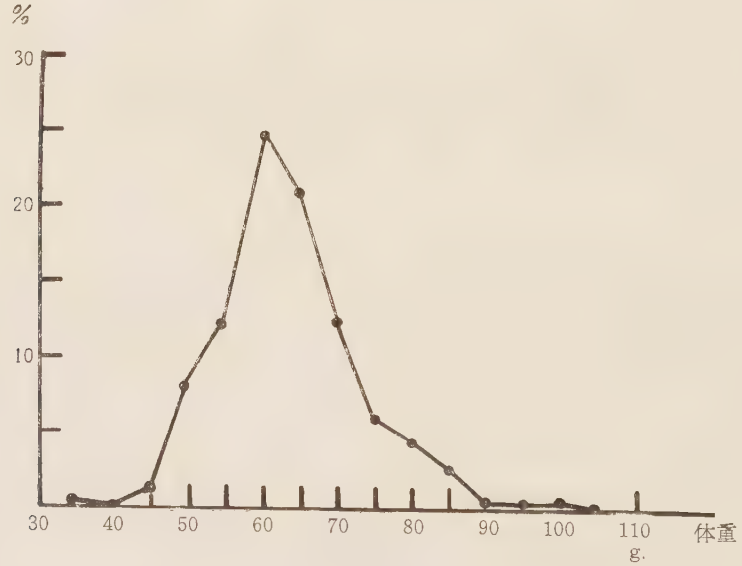
漁獲時期による平均体重の変化は第24図に示すようである。ただし体重は体長によつて影響されるので，平均体長である18.3cmに相当する18.0～18.5cm級の平均体重を示した。すなわちその結果は漁獲当初64g内外のものは漸次体重を増加し，2月中旬となると最高の70gに達し，その後急激に減少して3月20日頃には平均52gの最低となり，以後再び回復して4月中旬には65g前後となつて，そのまま終漁となる。

体重の増減は第24図に示すように生殖腺重量が相当影響し，1月15日の初漁日から最低体重を示す3月20日までの間における18cm級の平均体重とそれの生殖腺重量との相関係数は＋0.903±0.035で強い正の相関を示している。すなわち生殖腺重量が最高に達する2月中旬迄は体重もこれに伴つて増加し，産卵によつて生殖腺重量が急激に減少すると体重もまた急激に減少し，以後3月20日頃まで産卵が継続するに従つて徐々に体重も減少している。しかしこの場合の生殖腺重量の減少は3～4gであるのにかかわらず，体重の減少は10～15g以上に達して，産卵は魚体を異状に消耗させる事を示している。

マイワシの体重と体長の関係について，福岡(12)（'36）の研究によれば，千葉県産マイワシの体長と体重との関係は，生殖腺の成熟期である冬期および回復期である夏は相関が顕著で，産卵期である春および生殖腺萎縮期である秋は前者より稍々密接でない傾向を示すと。長崎県産マイワシについても産卵期前の1月17日および26日，産卵盛期の3月15日，20日，25日，および回復期の4月15日，18日，19日の各魚群別の関係を見ると，その相関係数は各々

第 23 表　長崎県産マイワシの体重頻度

体重 ＼ 漁獲月日	I	〃	II	〃	〃	III	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	IV	〃	〃	〃	〃	〃	V	〃	計
	17	26	13	17	26	2	6	8	13	14	15	20	25	31	7	8	12	15	18	19	1	3	
35 g												1											1
40																							0
45					1					3		3											7
50	1				3	1	1		2	8	3	7	1		1	3			2		1	1	35
55		3	1		6	4	1	1	3	3	4	2	8	1		3		2	2	2	2	2	50
60	5	5	2	1		2	1	5	4	5	5	3	6	9	5	7	2	3	2	4	11	6	99
65	4	6	4	3		2	7	2	2	3	3	1	4	4	5	4	8	6	6	8	5	5	85
70	1	2	1	4		1	3	2	4	1	2	2		2	5	2	4	4	2	4	4	3	52
75	1	6	2	1			2		2		1	1	1	1		1	1	2	1			2	27
80	2	1					1	1	2				1	1	2		3	1		2	2	1	20
85				1			1	1	1		1			2	1		2	1		3			12
90	1	1													1					1			4
95											1			1				1					3
100		1																					1
計	15	25	10	10	10	10	20	12	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	15	24	25	20	396
平均体重	69.5	70.9	67.3	71.4	54.4	60.3	67.7	68.7	67.4	55.7	65.3	56.5	61.1	67.8	70.2	62.1	72.2	71.1	64.1	68.3	65.8	66.7	g



第 26 図　マイワシの体重頻度（長崎，1938）

産卵前期　+0.903　±0.0195
産卵盛期　+0.819　±0.0904
回復期　+0.971　±0.0162

を示し，いづれの場合においてもその相関々係は密接であるが，福岡の報告と同様に産卵前期および回復期は，産卵盛期の場合よりもより密接な数字を示している。次にこれら魚群の平均体長 (l)cmおよび平均体重 (w) g から，その肥満度

$K=\frac{w}{l^3}\times 10^8$ を算出すると，

産卵前期　$K=10.83$
産卵盛期　$K=9.48$
回復期　$K=11.21$

を示し，回復期において最も肥満し，産卵期に最も痩瘠することを示している。しかし，この場合の回復期における肥満度の増加は，大量の摂餌に基く体重の増加に基因することが多く，真の肉質の増加でないことは次に述べる歩留りの調査からも明らかである。

（iii）歩留りの変化

魚体をイワシトマト漬罐詰製造の場合と同様に調理（頭部および内臓（但し生殖腺を除く）を除去）し，体重との関係，すなわちその調理歩留りの時期的変化を調査した結果は第24表のようであつた。

第 24 表　可食部歩留りの時期的変化

月　日	1-17	1-26	2-13	2-26	3-2	3-6	3-8	3-13	3-14	3-15	3-20
可食部の歩留り %	67.9	69.9	67.3	65.2	65.8	63.9	63.5	61.3	62.1	63.4	63.2
月　日	3-25	3-31	4-7	4-8	4-13	4-15	4-18	4-19	5-1	5-3	
可食部の歩留り %	61.3	62.1	64.3	64.2	62.1	62.9	64.1	64.3	64.9	65.2	

すなわち原料魚の調理歩留りは，漁獲当初は生殖腺の成熟とともに増加して68～70%を示すが，産卵とともに急激に減少して，最低61%，普通62～63%となる。体重の増加は第24図によれば，3月下旬から回復し，4月中旬には漁獲当初（1月上旬）の体重に迄回復するが，歩留りの減少は4月中旬迄継続し，5月上旬に到つても未だ65%内外で，漁獲当初の歩留りには達しない。すなわち体重は摂餌によつて急激に回復するけれども，可食部体重（歩留り）は体重に比較して遅く，約半カ月位遅延して回復する傾向を示している。

（iv）生殖腺重量から見た産卵期

時期による生殖腺重量の変化は第24図のようである。この場合の生殖腺重量は各魚群の生殖腺重量の平均値を示すものであるが，この図によつて長崎県産大羽マイワシの産卵時期が推定される。すなわち1月中旬の漁獲当初には平均2.5g内外の生殖腺は漸次発達して2月中旬には平均4.8gの最高となり，以後急激に減少して，2月下旬には1.9gとなつた。その後4月初旬までは緩慢に減少して0.5～1.5g内外となり，中旬には0.2g内外となつて以後著しい増減を示さない。すなわち，産卵状態を生殖腺重量の増減から見ると，其の最盛期は2月中～下旬で，4月上旬までは僅かながら継続し，4月中旬となつて終了したものであると考えられる。

（v）脂肪含有量について

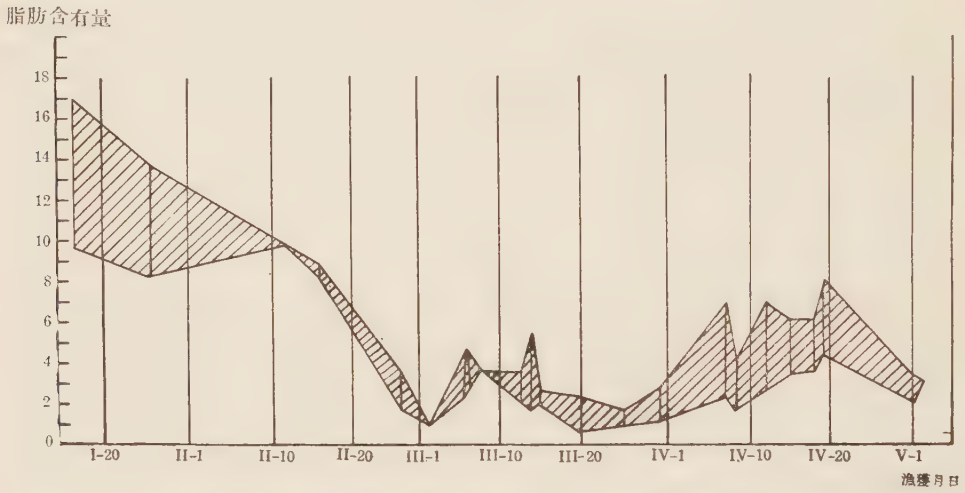
魚体内の脂肪含有量は漁期，漁場，魚群等によつて異るのは勿論であるが，同一時期，同一漁具で漁獲された同一群中のマイワシにおいても，魚体毎にその脂肪含有量を異にしている。この調査では，同一魚群中から代表的なものと，脂肪含有量の大きいものおよび小さいものと見られるもの各数尾宛を分析した。その結果は第27図に示す通りである。

すなわち同一魚群においても，脂肪含有量の大きいものと小さいものとの間にはかなりの個体差があるが，時期的の増減は体重の増減と大体において同様な傾向を示している。

しかし漁獲当初のマイワシ群では，脂肪含有量17%を示すものと，9.8%を示すものとがあり，脂肪含有量は体重および生殖腺重量の如く漸増の傾向を示さないでかえつて漸減している。そして産卵期である2月下

旬になると，脂肪量は急激に減少して1～2％を示し，産卵期となれば極めて短時日の間に9～10％以上の減少を示している。魚肉内の脂肪量が産卵後に減少することは既に多くの報告があるが，このように急激に減少を示すものは比較的に少い。産卵期である2月下旬から4月上旬までは脂肪含有量が最も少く，最高5.5％，最低0.5％内外であつて，この時期のマイワシはいわゆる水イワシと称され，脂肪量が少く反面筋肉内の水分量が多くて，トマト漬罐詰製造上最も苦心を要する原料である。しかし，4月中旬となれば魚体も漸く回復し，脂肪含有量も最高8％内外に達するが，未だ産卵前のイワシにはおよばず，気温の上昇する悪条件も加わつて，罐詰原料としては劣つている。

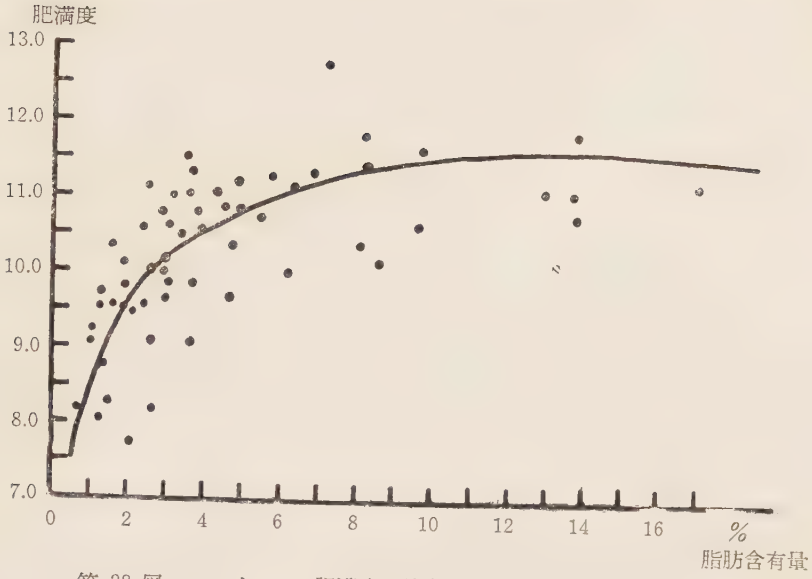
福岡[12] ('36)によれば肥満度と脂肪量とは密接な関係があり，肥満度の増大するに従つて脂肪量もまた増加し，罐詰のような多脂肪魚を適当とする場合には，肥満度 $K=11\sim12$ 以上のものを要すると述べているが，木村[13] ('36)，大谷[14] ('37) 等の中羽イワシ，特に小羽イワシの研究では，殆んどこの関係が認められないと述べられている。この研究における肥満度と脂肪量との関係は第28図のようであつた。



第 27 図　　漁獲時期によるマイワシの脂肪含有量の変化

すなわち，イワシトマト漬罐詰の原料イワシとしては，脂肪量は最底7～8％を要するものとすれば，この研究結果では肥満度は10以上でなければならないが，肥満度10以上のもの必ずしも脂肪量7～8％以上であるとは限らないで，肥満度10～11のものでも，なおその脂肪量は2～3％に過ぎないものが少くない。このことは，肥満度に影響するものは特に脂肪量のみの増減ではなくて，生殖腺，食餌量の多少によつても甚しく影響されるものであり，特に回復期における肥満度10以上のイワシの場合には，何等脂肪含有量に関係がなく，摂餌に基く肥満度の増加が顕著である。木村及び大谷等の研究はいづれも肥満度10～11以上の中羽イワシについてであるが，この研究においても肥満度10以上の場合には，相関係数は $+0.358\pm0.090$ となつて肥満度と脂肪量との間には関係が無いように思われる。しかし肥満度を8～13の範囲とするとその相関係数は $+0.717\pm0.04$ となつて，信用され得る相関々係がある。

既に検査等級と品質の項で述べたように，優良な製品を作る為には魚体が肥満し，脂肪含有量の高い原料魚を使用しなければならないが，検査等級チョイス級の罐詰の平均値である固形肉量398g，固形肉の脂肪量8.4％，液汁中の遊離脂肪量を6.06ccとし，また罐詰製造の際の平均肉詰量を475g，イワシ油の比重を0.93として，蒸煮脱水工程によつて罐外にすてられる油脂の損失がないものとして計算すると，原料魚の脂肪量は最低8.3％を必要とする。同様にスタンダード級においては3.4％，格外級においては1.0％の脂肪量を含有す



第 28 図　マイワシの肥満度と筋肉中の脂肪含有量との関係

る原料マイワシを使用したことになる。もちろん脂肪の多い原料魚ほど蒸煮脱水工程ですてられる油脂の量が多いので，この数字は大き過ぎるとは考えられない。しかしこの程度の脂肪量を含有するマイワシは，一般に産卵前のものであつて，産卵中および産卵後のマイワシを使用して，チョイス級の製品を作ることは極めて困難なことであり，辛うじて産卵後相当の回復期間をおいて，初めてチョイス級に合格し得る原料魚となると考えられる。このことは検査等級に関する研究に使用した試料罐詰の製造時日を見ても明らかであつて，産卵期間中に製造されたものはその殆んどが格外もしくはスタンダード級であつて，チョイス級のものは産卵開始前である 2 月中旬前および回復後である 4 月中旬以降に製造されたものが多い。

第 9 章　結　　論

(1)　イワシトマト漬罐詰の真空度におよぼす種々の影響，輸出検査の等級格付におよぼす品位，品質の影響および原料マイワシの成分量の時期的変動等の調査研究を行つた。

(2)　イワシトマト漬罐詰の気温による真空度の変化は，上部空隙が小さく，かつ楕円罐という罐型上から他の円型罐詰に比較して小さく，温度係数は0.06内外（温度 10°C毎に真空度は 0.6吋内外減少する）であることを明らかにした。

(3)　罐詰に何等の損傷を与えないで真空度を測定する方法として，罐詰の容積の変化から推定する方法を研究し，1 ポンド楕円罐（東洋製罐製）では　$U=\frac{460-V}{7}$　（但しU＝推定真空度吋，V＝罐詰の重量(g)－罐詰の水中重量(g)）の式で示され，その平均誤差は 0.3 吋内外であつて実用に供し得られることを示した。

(4)　密封時の罐内容物の温度と上部空隙および真空度との関係を研究し，上部空隙（Wcm^3）と真空度（U吋）との間には$U=aW^b$（a，bは密封前の温度によつて異る定数）式で示される関係がある。この式から，密封時の罐内温度によつて罐詰内には最低の上部空隙および真空度が存在することが判明し，巻締密封時の罐内温度が 75°C以上の場合には，その罐詰の真空度は 2.5吋（20°C）以上を示し，2.5吋（20°C）以下の真

空度を示す場合には，巻締時の罐内温度は75°C 以下であることを予想した。そして長崎地方におけるイワシトマト漬罐詰の真空度が低い原因は，蒸煮ボックスの構造上から，密封時の罐内温度が急激に低下して75°C以下となり，更に“なま詰”法の為に肉詰量が多い為であるとした。

(5) 肉詰量（Pg）と罐内の固形肉量（Sg），および罐内総量（Wg）との関係は，$S=a+bP$ および $W=a'+b'\sqrt{P}$ 式で示され，1ポンドトマト漬罐詰では，肉詰量475g以上の場合は，固形肉の増加量だけ液量が減少し，巻締の際に注入されるトマトが罐外にあふれ，肉詰料が520g以上となつた場合には罐内総量は全く増加しないことを示し，肉詰量を475g以上とすることは不必要であることを示した。

(6) 輸送中における罐の損傷状態を調査し，激動による罐の損傷部位および罐の損傷の形態はそれぞれ特有の性格を示し，また僅少な罐の凹みによつても，トマト漬罐詰の真空度の減少に大きな影響を与え，罐の凹み量（cm^3）が真空度数（吋）以上を示すと軽度のスプリンガー現象を起すことをみた。

(7) 罐詰の検査等級格付におよぼす種々の影響，すなわち肉眼的の観察結果ならびに罐詰の真空度，脂肪量，および揮発性塩基窒素量等の影響を調査して，チョイス級とスタンダード級との格差は原料イワシおよび使用トマトの品質の影響が強く反映し，格外とスタンダード級との格差は，原料の品質の如何よりは，2次的な，すなわち製造操作上の諸問題による影響の強いことを明らかとした。

(8) イワシトマト漬罐詰の肉色の黄色化には原料の鮮度（揮発性塩基窒素量）も影響するようであるが，特に筋肉の脂肪量と密接な関係があり，脂肪量の少い魚体程黄色度を増すことを明らかとした。

(9) 原料イワシの漁期間中に於ける調理歩留りおよび成分量（特に脂肪量）の変動を調査して，産卵および産卵直後のものは罐詰原料として不適当で，産卵前のものが適当であるが，産卵後ある程度の回復期間を経過したものは，辛うじてチョイス級に合格し得る原料となるものであることを明らかとした。

参　考　文　献

1) 石井一美　水産講習所試験報告　23,(5),170～174,1928.
2) 松生義勝，宮内敬三郎　水産研究誌　32(1),4～11,1937.
3) 岡田光世　水産製造工学講座(2)，罐詰の物理　52～62,1940.
4) 大沼豊吉　水産研究誌　33(9),392～413,1937.
5) 富桝建造　日本水産学会誌　5(1),56～71,1936.
6) 志賀岩雄　水産研究誌　33(7),297～319,1938.
7) 増山元三郎　少数例の纏め方と実験計画の立て方　18～20,1949.
8) 梅宮鶴歳，二戸一麿　罐詰事報　17(3),52～57,1938.
9) 川口武男　外2名　日本水産学会誌　7(4),227～228,1938.
10) 増山元三郎　少数例の纏め方と実験計画の立て方　36～39,1949.
11) 中井甚二郎　水産研究誌　33(10),437～456,1938.
12) 福岡国男　水産研究誌　36(5),259～264,(4),187～194,1936.
13) 木村喜之助　日本水産学会誌　6(1),69～72,1937.
14) 大谷武夫　外2名　日本水産学会誌　6(3),147～150,1937.
15) 千葉県水産試験場　千葉県水産試験場事業報告（昭和11年度）

A Study on the Vacuum and the Grade of Tomato-Sardine for the Export Inspection

Summary

The present work has been done to obtain some data on the influences upon the vacuum and the grade of tomato-sardine, and the following results were obtained.

1) The changes of vacuum with temperature of tomato-sardine can (net 1 lb., oval) are less those of other shapes, the coefficient of temperature being 0.06, namely, the lowering of the temperature by one degree in Centigrade causes the rise of vacuum by 0.06 in.

2) The degree of vacuum in the can above stated is easily calculated by measuring the volumes.

At 20°C, the following equation stands,

$$V = 460 - (W)/7$$

Here, V (in inches) means the vacuum calculated and W (in cm^3), does the volume of a tomato-sardine can.

The mean error of the calculated vacuum obtained from twenty-nine cans was 0.32in., so this method is virtual.

3) The temperature of the contents before seaming determines the minimum vacuum and minimum head space corresponding to it. When the temperature is above 75°C., the vacuum in the can attains over 2.5 ins.

4) Among the weight of fish-meat in the packing (P in gr.) the solid-meat weight (S in gr.) and the total weight (W in gr.), there are the following equations.

$$(S) = a + b\ (P)$$

$$(W) = a + b\ (1 / P)$$

5) The results in a dropping experiment of a pack of cans show that the dents at the upper plate or on the flat edge of girdle of an oval can are not made during transportation, but occur in the process of preparation.

When the magnitude of a dent (in cm^3) exceeds the initial vacuum (in inches) a slight splinger phenomenon can be seen.

6) The tint of meat has a close relation with the fat content besides the freshness of the meat. The whitishness of the meat increases with the fat contents of the meat of tomato-sardine.

7) In an export inspection, the difference of grade between choice and standard classes depends upon the quality of materials like sardine and tomato-souse, meanwhile the difference between standard and under classes does rather upon miscellaneous factors in manufacturing process.

8) The sardine during and immediately after spawning season is unsuitable for canning, and that before spawning is suitable from the survey of rate of edibility and fat contents. But after some period for recovering after spawning, it can be a material of a choice class.

昭和32年 3月20日 印刷
昭和32年 3月25日 発行

新潟市万代島
発行所 日本海区水産研究所
責任者 内橋 潔

新潟市白山浦2丁目181
印刷所 株式会社第一印刷所
電話代表 (2) 2106番